กรณีศึกษาประสิทธิภาพการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์ของโรงนมขนาดกลางแห่งหนึ่งในภาคกลางของประเทศไทย

Pasteurized Fresh Milk Productive Efficiency: A Case Study of A Medium Size Processing Factory in Central Thailand

พรพมล ปัทมานนท์ [1/] และ ประวีร์ วิชชุลตา [1/, 2/]

Pornpamol Pattamanont [1/] and Pravee Vijchulata [1/, 2/]

Abstract

The production efficiency of pasteurized fresh milk processing at a medium size processing factory in central Thailand was investigated.The data was randomly collected for 30 production days including the volume of raw milk, pasteurized milk and milk losses during processing. There are five production points of milk losses including milk losses during pre-pasteurization, pasteurization, after pasteurization and during packaging, overfilling and leakage of milk pouches after packaging. The five production points of milk losses were statistically analyzed by analyzing the variance and differences means. The present study revealed that each ton of raw milk from this plant can produce 4,650 pasteurized milk pouches. The percentages of milk losses in five production points were 0.11, 0.23, 0.45, 3.02 and 0.36, respectively. This study indicated that the overfilling volume of milk pouch was influenced by the volume control system of the packaging machines ($p<0.01$) and packaging duration ($p<0.05$), while a leakage of milk pouch after packaging was influenced by the filling machines and the responsible technicians ($p<0.01$). This study suggested that increasing the pasteurized fresh milk productive efficiency can be effectively achieved by minimizing the overfilling volumes and leakage of milk pouches.

Keywords: Pasteurized milk, productive efficiency, milk loss, medium size factory

[1/] ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1/] Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

รับเรื่อง : สิงหาคม 2554

[2/] Corresponding author: agrpvv@ku.ac.th

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ ณ โรงงานขนาดกลางแห่งหนึ่งในภาคกลางของประเทศไทย ถูกนำมาพิจารณาสมดุลมวลสาร เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการผลิต ข้อมูลที่ศึกษาซึ่งดำเนินการตรวจสอบเป็นระยะเวลา 30 วัน ประกอบด้วย ปริมาตรนมดิบในการผลิต ปริมาตรผลผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ และปริมาตรนมสูญเสียในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตซึ่งเกิดขึ้น 5 ลักษณะได้แก่ นมสูญเสียก่อนการพาสเจอร์ไรส์ นมสูญเสียในระบบพาสเจอร์ไรส์ นมสูญเสียหลังพาสเจอร์ไรส์และการบรรจุ นมบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐาน และนมถุงรั่วซึมหลังการบรรจุ นมสูญเสียทั้ง 5 ลักษณะ ถูกนำมาศึกษาทางสถิติเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ผลการศึกษาพบว่าจากนมดิบทุก 1 ตัน โรงงานแห่งนี้สามารถผลิตนมได้ 4,650 ถุง โดยสูญเสียไปกับนมสูญเสียทั้ง 5 ลักษณะคิดเป็นร้อยละ 0.11, 0.23, 0.45, 3.02 และ 0.36 ตามลำดับ จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่านมบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐานได้รับอิทธิพลจากระบบปรับแต่งปริมาตร ($p<0.01$) และช่วงเวลาในการบรรจุ ($p<0.05$) ในขณะที่นมรั่วซึมหลังการบรรจุได้รับอิทธิพลจากเครื่องบรรจุและความเอาใจใส่ของช่างควบคุมเครื่องบรรจุ ($p<0.01$) ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์เพื่อเพิ่มผลผลิตนมถุง ควรพิจารณาถึงการลดนมสูญเสียจากการบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐานและนมรั่วซึมหลังการบรรจุ

คำนำ

โรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์นมเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในโครงสร้างอุตสาหกรรมการผลิตนม โดยทำหน้าที่แปรรูปนมดิบที่ผลิตได้จากกลุ่มเกษตรกร แล้วส่งขายต่อผู้บริโภค จากการสำรวจของกรมส่งเสริมสหกรณ์ (Cooperative Promotion Department [CPD], 2009) โรงงานแปรรูปนมพาสเจอร์ไรส์ในประเทศไทยมี 66 โรงงาน ขนาดโรงงานแบ่งตามเกณฑ์ปริมาณการผลิตของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (Department of Industrial Works [DIW], 2001) ได้แก่ โรงงานขนาดใหญ่ 6 โรงงาน มีปริมาณการผลิตเฉลี่ย 130 ตันต่อวัน โรงงานขนาดกลาง 31 โรงงาน มีปริมาณการผลิตเฉลี่ย 23.90 ตันต่อวัน และโรงงานขนาดเล็ก 29 โรงงาน มีปริมาณการผลิตเฉลี่ย 6.52 ตันต่อวัน โรงงานส่วนใหญ่จึงเป็นโรงงานขนาดกลาง คิดเป็นร้อยละ 43.94 ในการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ชนิดถุงของโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์นม ได้มีการกำหนดสิทธิการผลิตเพื่อการจำหน่ายไว้ตามหลักเกณฑ์และแนวทางปฏิบัติโครงการอาหารเสริมนมโรงเรียนโดยองค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (Dairy Farming Promotion Organization of Thailand [DPO], 2009) ซึ่งกำหนดไว้ว่าปริมาณนมดิบที่รับซื้อทุก 1 ตันต่อวัน สามารถผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ปริมาตร 200 มิลลิลิตรได้ 4,800 ถุง คำนวณในหน่วยปริมาตร โดยหักด้วยค่าความถ่วงจำเพาะและหักนมสูญเสียร้อยละ 1 เกณฑ์ที่กำหนดนี้จึงสามารถบ่งชี้ได้ถึงประสิทธิภาพการผลิตในการควบคุมนมสูญเสียของโรงงานนั้น

โรงงานขนาดกลางแห่งหนึ่ง ในภาคกลางของประเทศไทย ได้รับการศึกษาเพื่อเป็นตัวแทนของโรงงานขนาดกลางในงานวิจัยนี้ โรงงานดังกล่าวมีกำลังการผลิต 4 ตันต่อชั่วโมง ดำเนินการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์เฉลี่ย 12.67 ตันต่อวัน โดยจำหน่ายในรูปแบบบรรจุถุงและบรรจุขวดส่งขายในตลาดนมโรงเรียนและตลาดนมพานิชย์ โดยนมพานิชย์ที่โรงงานแห่งนี้ผลิตประกอบด้วยนมจืด นมปรุงแต่ง และนมเปรี้ยวปรุงแต่ง การผลิตภายในโรงงานแบ่งออกเป็น 4 ส่วนได้แก่ ส่วนรับนมดิบ ส่วนพาสเจอร์ไรส์ ส่วนบรรจุ และส่วนเก็บรักษาในห้องเย็น นมดิบที่เก็บในส่วนรับนมดิบส่งต่อมายังส่วนพาสเจอร์ไรส์ โดยระบบปิดผ่านท่อส่งนมเข้าสู่ระบบโฮโมจิไนส์ และพาสเจอร์ไรส์ จากนั้นส่งขึ้นถังเก็บนมพาสเจอร์ไรส์เพื่อรอเข้าสู่ส่วนบรรจุ ส่วนบรรจุประกอบด้วยเครื่องบรรจุนมถุง 6 เครื่อง มีพนักงานประจำเครื่องละ 1 คน เพื่อเรียงนมใส่ภาชนะและตรวจสอบความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ และมีช่างควบคุมเครื่องบรรจุ 2 คน แบ่งรับผิดชอบคนละ 3 เครื่อง เมื่อได้

ผลิตภัณฑ์นมถุงแล้วจะมีพนักงานเข็นผลิตภัณฑ์นมนำนมถุงจากห้องบรรจุไปเก็บรักษาในห้องเย็น

นอกจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์นมให้มีคุณภาพได้มาตรฐานแล้ว โรงงานแห่งนี้ยังมีเป้าหมายในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตซึ่งเป็นแนวทางนำไปสู่การลดต้นทุนและรักษาสิ่งแวดล้อม (Henningsson *et al*., 2004; Brião and Tavares, 2007; DIW, 2007; International Finance Corporation [IFC], 2007) เนื่องด้วยงานวิจัยที่ศึกษานมสูญเสียในโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์นมของประเทศยังคงมีน้อยและไม่มีรายละเอียดที่ชัดเจนของปริมาณนมที่สูญเสียในแต่ละขั้นตอนการผลิต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูล และกำหนดแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในขั้นตอนที่สามารถทำได้สำหรับโรงงานผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ขนาดกลาง

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย ปริมาตรนมดิบที่ใช้ในการผลิต ปริมาตรผลผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์ และปริมาตรนมสูญเสียที่เกิดขึ้น ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์ ซึ่งทำการสุ่มสำรวจ 30 วันของการผลิต ขั้นตอนที่เกิดนมสูญเสียได้แก่ การเก็บนมดิบ การโฮโมจิไนส์และพาสเจอร์ไรส์ การบรรจุ และการเก็บรักษาในห้องเย็น โดยนมสูญเสียที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 5 ลักษณะ ได้แก่ ก่อนการพาสเจอร์ไรส์ ในระบบพาสเจอร์ไรส์ หลังพาสเจอร์ไรส์และการบรรจุ นมถุงบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐาน และนมถุงรั่วซึมหลังการบรรจุ ลักษณะนมสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์แสดงดังภาพที่ 1

การเก็บข้อมูล

ปริมาตรนมดิบที่ใช้ในการผลิตแต่ละครั้งของการเก็บข้อมูล บันทึกได้จากการวัดปริมาตรโดย electro magnetic flow meter รุ่น PD 340 (Instrument & Gauges Electronics Ltd, UK) ซึ่งติดตั้งไว้ในโรงงาน ปริมาตรผลผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ จดบันทึกจากการนับจำนวนนมจืดพาสเจอร์ไรส์ชนิดถุงหน่วยบรรจุ 200 มิลลิลิตร ที่ผลิตได้จริงภายในห้องบรรจุ แล้วคำนวณในหน่วยปริมาตรโดยหักน้ำหนักถุงออก ปริมาตรนมสูญเสีย 3 ลักษณะแรก (นมสูญเสียก่อนการพาสเจอร์ไรส์ นมสูญเสียในระบบพาสเจอร์ไรส์ นมสูญเสียหลังพาสเจอร์ไรส์และการบรรจุ) ซึ่งเป็นนมตกค้างในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต ศึกษาปริมาตรที่สูญเสียได้โดยใช้อุปกรณ์รองรับและนำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบ top loading balance ยี่ห้อ DIGI รุ่น DS-530 (DIGI, Czech) โดยเก็บแยกระหว่างนมตกค้างที่เป็นนมล้วนและน้ำชะล้างนม แล้วจึงสุ่มเก็บเก็บตัวอย่างของน้ำชะล้างนมเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณเนื้อนม (total solids) ด้วยวิธี gravimetric oven dry method (American Public Health Association [APHA], 1992) ส่วนนมสูญเสียจากนมถุงบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐาน ได้หาปริมาตรการสูญเสียโดยนำไปชั่งน้ำหนักนมแต่ละถุงด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบ top loading balance ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น BL-2200H (SHIMADZU, Japan) โดยสุ่มตามระบบปรับแต่งปริมาตรนมซึ่งมี 3 ระบบ และช่วงเวลาการบรรจุ ซึ่งแบ่งเป็นชั่วโมงแรก ชั่วโมงที่สอง และชั่วโมงที่สามของการบรรจุ จำนวนช่วงละ 50 ถุง แล้วคำนวณในหน่วยปริมาตรโดยหักน้ำหนักถุงออก ในขณะที่นมถุงรั่วซึมหลังการบรรจุ หาปริมาตรสูญเสียได้โดยการนับจำนวนนมถุงรั่วซึมที่เกิดขึ้น 3 ลักษณะ คือ นมถุงรั่วซึม ณ ลานบรรจุ นมถุงรั่วซึมในห้องเย็น และนมถุงรั่วซึมที่ลูกค้านำมาเปลี่ยน แล้วคำนวณในหน่วยปริมาตรโดยหักน้ำหนักถุงออกเช่นเดียวกัน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยถูกนำมาวิเคราะห์สมดุลมวลสาร (Wirojanagud, 2002; Ozbay and Demirer, 2007) เพื่อแสดงมวลสารเข้า (นมดิบที่ใช้ผลิต) และมวลสารออก(ผลิตภัณฑ์และนมสูญเสียในกระบวนการผลิต) นมสูญเสียทั้งหมดในกระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์รสจืดนำมาศึกษาด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยแบบลีสแควร์ของนมสูญเสียแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตที่ได้รับอิทธิพลจากปริมาณนมดิบนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยวิธี t-test

ส่วนข้อมูลที่ได้จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อนมรั่วซึมและนมถุงบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐานได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี analysis of variance ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's new multiple range test โดยชุดคำสั่งในโปรแกรมสำเร็จรูป SAS Version 9 (SAS, 2003)

ผลและวิจารณ์

สมดุลมวลสารของกระบวนการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์

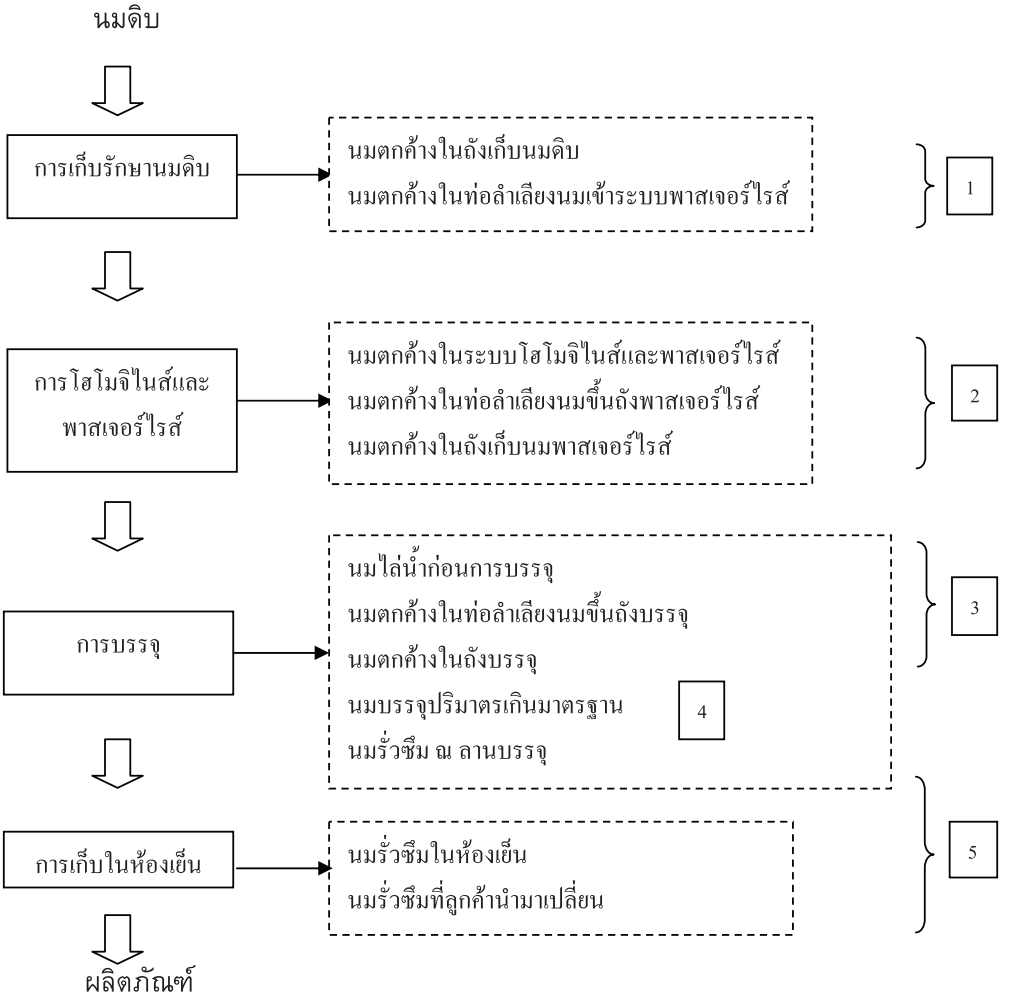
จากการศึกษาสมดุลมวลสารของกระบวนการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์ของโรงงาน 30 วันของการผลิต ซึ่งเป็นการวิเคราะห์มวลสารเข้า และมวลสารออกจากกระบวนการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์เพื่อศึกษาขั้นตอนที่มีนมสูญเสีย ลักษณะนมสูญเสีย และปริมาณที่สูญเสียอย่างละเอียด มวลสารเข้า คือ ปริมาตรนมดิบที่ใช้ในการผลิต มวลสารออก คือ ปริมาตรผลิตภัณฑ์นมจืดพาสเจอร์ไรส์และนมสูญเสียในกระบวนการผลิต ข้อมูลทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 1

การศึกษาครั้งนี้ มีปริมาตรนมดิบที่ใช้ในการผลิตโดยเฉลี่ย 6,590 ลิตร ได้มวลสารออก คือ ผลิตภัณฑ์นมจืดพาสเจอร์ไรส์ 6,243.74 ลิตร และนมสูญเสียในกระบวนการผลิต 347.26 ลิตร หากเปรียบเทียบกับหลักเกณฑ์และแนวทางปฏิบัติ โครงการอาหารเสริมนมโรงเรียนขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (DPO, 2009) ซึ่งกำหนดสิทธิในการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ได้ 4,800 ถุง จากนมดิบที่รับซื้อทุก 1 ตัน การศึกษาครั้งนี้พบว่า นมดิบที่โรงงานใช้ในการผลิต 6,590 ลิตร สามารถผลิตนมได้ 31,565 ถุง ดังนั้นนมดิบ 1 ตันสามารถผลิตนมได้ 4,650.30 ถุง ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย

นมสูญเสียแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์

นมสูญเสียในกระบวนการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์เกิดขึ้น 5 ลักษณะ ได้แก่ นมสูญเสียก่อนการพาสเจอร์ไรส์ (A) นมสูญเสียในระบบพาสเจอร์ไรส์ (B) นมสูญเสียหลังพาสเจอร์ไรส์และการบรรจุ (C) นมถุงบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐาน (D) และนมถุงรั่วซึมหลังการบรรจุ (E) ร้อยละนมสูญเสียต่อนมดิบแสดงดังตารางที่ 2

ผลการศึกษาพบว่า นมสูญเสียทั้ง 5 ลักษณะ มีร้อยละการสูญเสียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยลักษณะที่มีร้อยละการสูญเสียเฉลี่ยต่อนมดิบมากที่สุดคือ นมถุงบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐาน การสูญเสียตลอดกระบวนการผลิตเฉลี่ยร้อยละ 4.17 โดยมีช่วงการสูญเสียตั้งแต่ร้อยละ 2.76 ถึง 5.79 นมสูญเสียก่อนการพาสเจอร์ไรส์และนมสูญเสียในระบบพาสเจอร์ไรส์ มีการสูญเสียเฉลี่ยร้อยละ 0.11 และ 0.23 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่างานวิจัยของ Carawan และคณะ (1979) ที่ได้รายงานนมสูญเสียทั้ง 2 ลักษณะเท่ากับร้อยละ 0.20 และ 1.40 ตามลำดับ ในขณะที่นมสูญเสียหลังพาสเจอร์ไรส์และการบรรจุ นมบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐาน และนมรั่วซึมหลังการบรรจุ มีการสูญเสียเฉลี่ยร้อยละ 0.45, 3.02 และ 0.36 ตามลำดับ มากกว่าการรายงานของ European Integrated Pollution Prevention and Control (EIPPCB, 2002) ซึ่งรายงานไว้ร้อยละ 0.30, 0.20 และ 0.20 ตามลำดับ สาเหตุที่แต่ละขั้นตอนมีร้อยละการสูญเสียต่างกันเนื่องจาก นมสูญเสียก่อนการพาสเจอร์ไรส์และในระบบพาสเจอร์ไรส์เป็นการสูญเสียที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ (inherent loss) เป็นผลมากจากรูปแบบอุปกรณ์การผลิตของทั้งสองขั้นตอน (United Nations Environment Programme [UNEP], 2004) ในขณะที่นมสูญเสียทั้ง 3 ลักษณะที่เหลือเป็นการสูญเสียที่มาจากประสิทธิภาพของอุปกรณ์และการปฏิบัติงานของพนักงาน



ภาพที่ 1 ลักษณะนมสูญเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์ของโรงงานขนาดกลางที่เป็นตัวแทนในงานวิจัย(1 = นมสูญเสียก่อนการพาสเจอร์ไรส์, 2 = นมสูญเสียขณะพาสเจอร์ไรส์, 3 = นมสูญเสียหลังพาสเจอร์ไรส์และการบรรจุ, 4 = นมถุงบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐาน, 5 = นมถุงรั่วซึมหลังการบรรจุ)

ตารางที่ 1 สมดุลมวลสารของกระบวนการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์ที่ได้จากการสุ่มเก็บ 30 ครั้ง

ค่าทางสถิติ	นมดิบ (ลิตร)	ผลิตภัณฑ์ (ลิตร)	นมสูญเสีย (ลิตร)
ค่าเฉลี่ย	6,590.00	6,243.74	347.26
SD	2,772.29	2,582.06	214.80
ค่าต่ำสุด	3,700.00	3,562.60	137.40
ค่าสูงสุด	15,800.00	14,598.00	1,202.00

ตารางที่ 2 ปริมาณนมสูญเสียในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์

ค่าทางสถิติ	นมดิบ	ปริมาณนมสูญเสีย (ร้อยละต่อนมดิบ)					
	(ลิตร)	A	B	C	D	E	สูญเสียรวม
ค่าเฉลี่ย	6,590.00	0.11[ง]	0.23[ค,ง]	0.45[ข]	3.02[ก]	0.36[ข,ค]	4.17
SD	2,772.29	0.07	0.12	0.16	0.71	0.15	0.72
ค่าต่ำสุด	3,700.00	0.01	0.04	0.18	1.56	0.15	2.76
ค่าสูงสุด	15,800.00	0.32	0.65	0.90	4.52	0.58	5.79

ก ข ค และ ง อักษรต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

(A = ก่อนการพาสเจอร์ไรส์ B = พาสเจอร์ไรส์ C = หลังพาสเจอร์ไรส์และการบรรจุ D = บรรจุปริมาตรเกินมาตรฐาน E = นมถุงรั่วซึม)

ตารางที่ 3 อิทธิพลของระบบปรับแต่งปริมาตรและช่วงเวลาการบรรจุต่อความผันแปรของปริมาตรนมในถุง (มิลลิลิตร)

ช่วงเวลาการบรรจุ	ระบบปรับแต่งปริมาตร		
	ลูกเบี้ยว (2,100 ถุง/ชั่วโมง)	โซลินอยด์วาล์ว (2,100 ถุง/ชั่วโมง)	ลูกเบี้ยว (3,000 ถุง/ชั่วโมง)
ชั่วโมงที่ 1	197.55 ±5.61[ข]	204.33 ±4.24[ก]	203.39 ±2.57[ก,จ]
ชั่วโมงที่ 2	197.90 ±6.38[ค]	204.09 ±4.14[ก]	203.30±2.93[ข,จ]
ชั่วโมงที่ 3	198.29±6.24[ค]	204.35±3.53[ก]	203.76±2.70[ข,ง]
ค่าเฉลี่ย	197.91±6.12[ค]	204.26±3.98[ก]	203.48±2.74[ข]

ก ข และ ค อักษรต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

ง และ จ อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อนมถุงบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐานและนมถุงรั่วซึมหลังการบรรจุ

จากตารางที่ 2 ได้แสดงให้เห็นว่า นมบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐานและนมถุงรั่วซึมหลังการบรรจุ เป็นลักษณะที่ควรพิจารณาถึงสาเหตุหรือปัจจัยที่ทำให้เกิดการสูญเสีย เนื่องจากนมบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐานมีร้อยละการสูญเสียมากที่สุด ในขณะที่นมรั่วซึมหลังการบรรจุเป็นการสูญเสียที่ทำให้ทรัพยากรอื่นสูญเสียไปด้วย ได้แก่ พลังงาน น้ำ บรรจุภัณฑ์ และแรงงาน (UNEP, 2004; DIW, 2007; Foster *et al*., 2007) นอกจากนี้นมสูญเสียทั้ง 2 ลักษณะ ยังเป็นการสูญเสียที่สามารถลดหรือหลีกเลี่ยงได้ (UNEP, 2004; Environment Agency, 2009)

ส่วนการบรรจุของโรงงาน มีเครื่องบรรจุ 6 เครื่อง มีระบบปรับแต่งปริมาตรที่ต่างกัน 3 ระบบ คือ ระบบเชิงกลโดยใช้ลูกเบี้ยว กำลังการผลิต 2,100 ถุงต่อชั่วโมง (เครื่องบรรจุ 1) ระบบไฟฟ้าโดยใช้โซลินอยด์วาล์ว (เครื่องบรรจุ 2 ถึง 5) กำลังการผลิต 2,100 ถุงต่อชั่วโมง และระบบเชิงกลโดยใช้ลูกเบี้ยว กำลังการผลิต 3,000 ถุงต่อชั่วโมง (เครื่องบรรจุ 6) ผลการศึกษาปริมาตรนมจากระบบปรับแต่งปริมาตร โดยแบ่งช่วงเวลาชั่วโมงแรก ชั่วโมงที่สอง และชั่วโมงที่สามของการบรรจุ แสดงดังตารางที่ 3

ผลการศึกษาพบว่า ระบบปรับแต่งปริมาตรมีผลต่อนมบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยเครื่องบรรจุที่ใช้ระบบเชิงกลแบบลูก

เบี้ยว กำลังการผลิต 2,100 ถุงต่อชั่วโมง (เครื่องบรรจุ 1) มีปริมาตรนมถุงบรรจุน้อยที่สุด ในขณะที่ระบบโซลินอยด์วาล์ว กำลังการผลิต 2,100 ถุงต่อชั่วโมง (เครื่องบรรจุ 2 ถึง 5) มีปริมาตรนมบรรจุเกินมากที่สุด เมื่อพิจารณาช่วงเวลาการบรรจุ พบว่ามีผลต่อปริมาตรนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เฉพาะระบบเชิงกลแบบลูกเบี้ยว กำลังการผลิต 3,000 ถุงต่อชั่วโมงเท่านั้น โดยปริมาตรของนมถุงในชั่วโมงที่ 3 ของการบรรจุสูงกว่าช่วงแรกและช่วงที่ 2 แสดงว่าเครื่องบรรจุระบบนี้มีความสม่ำเสมอในการผลิตน้อยกว่าเครื่องบรรจุอีกสองระบบ

จากผลการศึกษาอิทธิพลของระบบปรับแต่งปริมาตรต่อความผันแปรของปริมาตรนมในถุงพบว่า ระบบเชิงกลแบบลูกเบี้ยวมีปริมาตรนมถุงน้อยกว่าระบบโซลินอยด์วาล์ว แม้มีการรายงานโดย Punpaisarn (2005) พบว่าระบบปรับแต่งปริมาตรนมโดยใช้โซลินอยด์วาล์วมีการสูญเสียน้อยกว่าร้อยละ 1 ซึ่งน้อยกว่าระบบเชิงกลโดยใช้ลูกเบี้ยว แต่จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าระบบโซลินอยด์วาล์วมีการสูญเสียร้อยละ 2.13 ในขณะที่ระบบเชิงกลโดยใช้ลูกเบี้ยวกำลังการผลิต 3,000 ถุงต่อชั่วโมง มีนมสูญเสียร้อยละ 1.74 สาเหตุที่ระบบปรับแต่งปริมาตรแบบโซลินอยด์วาล์วมีความแม่นยำน้อยลงเนื่องจาก การปรับแต่งปริมาตรนมของเครื่องบรรจุที่ใช้ระบบโซลินอยด์วาล์วต้องใช้ชุดควบคุมโปรแกรม PLC (Programmable Logic Controller) ในการปรับแต่งเบื้องต้น (Punpaisarn, 2005) ควบคู่กับการปรับแต่งโดยช่างผู้ควบคุม โดยใช้ปุ่มกดสำหรับปรับปริมาตร ในขณะที่เครื่องบรรจุระบบเชิงกลแบบลูกเบี้ยวทั้ง 2 เครื่องสามารถปรับแต่งได้โดยช่างผู้ควบคุม การขาดความสะดวกและ/หรือผู้ชำนาญในการใช้ชุดควบคุมโปรแกรม PLC อาจเป็นสาเหตุให้เครื่องบรรจุที่ใช้ระบบโซลินอยด์วาล์วมีปริมาตรนมที่บรรจุเกินมากกว่าร้อยละ 1

นมถุงรั่วซึมหลังการบรรจุ เป็นการสูญเสียหลังจากได้ผลิตภัณฑ์นมถุงแล้ว มีลักษณะรั่วซึมบริเวณรอยซีลของถุง การสูญเสียลักษณะนี้คาดได้ว่ามีอิทธิพลจากเครื่องบรรจุ ผลการศึกษานมถุงรั่วซึมจากแต่ละเครื่องบรรจุแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อิทธิพลของเครื่องบรรจุต่อร้อยละนมถุงรั่วซึม

ค่าทางสถิติ	เครื่องบรรจุ					
	1	2	3	4	5	6
ค่าเฉลี่ย	0.51[ก]	0.39[ก,ข]	0.32[ข]	0.17[ค]	0.20[ข,ค]	0.24[ข,ค]
SD	0.36	0.29	0.21	0.08	0.17	0.28
ค่าต่ำสุด	0.03	0.07	0.04	0.06	0.05	0.08
ค่าสูงสุด	1.66	1.15	0.80	0.36	0.90	1.38

[ก ข และ ค] อักษรต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

ตารางที่ 5 อิทธิพลของการดูแลเครื่องบรรจุโดยช่างควบคุม 2 คนต่อร้อยละนมถุงรั่วซึม

ค่าทางสถิติ	ช่างควบคุมคนที่ 1	ช่างควบคุมคนที่ 2
ค่าเฉลี่ย	0.35[ก]	0.19[ข]
SD	0.26	0.13
ค่าสูงสุด	0.04	0.05
ค่าต่ำสุด	1.15	0.90

[ก และ ข] อักษรต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

จากผลการศึกษานมถุงรั่วซึมจากเครื่องบรรจุทั้ง 6 เครื่อง พบว่าร้อยละนมรั่วซึมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยเครื่องบรรจุ 1 มีนมรั่วซึมมากที่สุด สาเหตุอาจเนื่องมาจากมีอายุการใช้งานมากที่สุด คือ 23 ปี ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องบรรจุนี้ด้อยกว่าเครื่องอื่น อย่างไรก็ตามเครื่องบรรจุ 2 ถึง 5 ซึ่งเป็นเครื่องบรรจุยี่ห้อเดียวกัน มีระบบการทำงานเดียวกัน มีอายุการใช้งานและการซ่อมบำรุงเหมือนกัน กลับมีร้อยละนมรั่วซึมที่แตกต่างกัน คาดว่ามีสาเหตุเนื่องมาจากการทำงานของช่างควบคุมเครื่องบรรจุที่แตกต่างกัน ร้อยละนมรั่วซึมจากจากการดูแลรับผิดชอบของช่างควบคุมเครื่องบรรจุทั้ง 2 แสดงคนดังตารางที่ 5

เมื่อเปรียบเทียบนมถุงรั่วซึมจากเครื่องบรรจุ 2 ถึง 5 พบว่า นมรั่วซึมที่ได้รับอิทธิพลจากช่างควบคุมเครื่องบรรจุ 2 คน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยนมรั่วซึมภายใต้การดูแลรับผิดชอบของช่างคนที่ 1 (เครื่องบรรจุ 2 ถึง 3) และคนที่ 2 (เครื่องบรรจุ 4 ถึง 5) มีนมสูญเสียร้อยละ 0.35 และ 0.19 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการทำงานของช่างควบคุมเครื่องบรรจุและพนักงานประจำเครื่องมีอิทธิพลต่อนมสูญเสีย สอดคล้องกับการรายงานของ World Bank Group (1998) และ Ozbay and Demirer (2007) เกี่ยวกับการลดการสูญเสียโดยการปฏิบัติงานที่ดีของพนักงาน รวมถึง Henningsson *et al.* (2004) ที่รายงานถึงการจัดอบรมการปฏิบัติงานให้แก่พนักงานอย่างต่อเนื่องเพื่อลดการสูญเสีย

สรุป

โรงงานขนาดกลาง ที่นำมาเป็นกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้สามารถผลิตนมได้ 4,650.30 ถุง จากนมดิบที่รับซื้อทุก 1 ตัน ซึ่งน้อยกว่าข้อกำหนดสิทธิการผลิตนมโรงเรียนขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย ปี 2553 ที่กำหนดไว้ 4,800 ถุง นมสูญเสียทั้ง 5 ลักษณะ คือ ก่อนการพาสเจอร์ไรส์ ในระบบพาสเจอร์ไรส์ หลังพาสเจอร์ไรส์และการบรรจุ นมบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐาน และนมถุงรั่วซึมหลังการบรรจุ มีร้อยละการสูญเสียเท่ากับ 0.11, 0.23, 0.45, 3.02 และ 0.36 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาครั้งนี้กับข้อมูลอ้างอิงพบว่า นมสูญเสียก่อนการพาสเจอร์ไรส์และนมสูญเสียในระบบพาสเจอร์ไรส์ มีร้อยละนมสูญเสียน้อยกว่าข้อมูลอ้างอิง ในขณะที่นมสูญเสียหลังพาสเจอร์ไรส์และการบรรจุ นมบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐาน และนมรั่วซึมหลังการบรรจุ มีร้อยละนมสูญเสียมากกว่า นมสูญเสียก่อนการพาสเจอร์ไรส์และนมสูญเสียในระบบพาสเจอร์ไรส์ เป็นการสูญเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ (inherent loss) การสูญเสียน้อยย่อมเป็นผลดีต่อโรงงาน จึงควรรักษามาตรฐานการปฏิบัติใน 2 ส่วนการผลิตนี้ไว้ ในขณะที่นมบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐานและนมรั่วซึมหลังการบรรจุ เป็นลักษณะที่มีการสูญเสียมากกว่าข้อมูลอ้างอิง ทั้งยังเป็นการสูญเสียที่หลีกเลี่ยงได้ ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์เพื่อเพิ่มผลผลิตนมถุง ควรพิจารณาการลดนมสูญเสียจากการบรรจุปริมาตรเกินมาตรฐานและนมรั่วซึมหลังการบรรจุ

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์ผลิตภัณฑ์นม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการเก็บข้อมูลในการวิจัย และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน สำหรับงานวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

American Public Health Association (APHA). 1992. Standard Method for the Examination of Dairy Products. 16th edition. Port City Press, USA.

Brião, V. B. and C. R. Tavares. 2007. Effluent generation by the dairy industry: preventive attitudes and opportunity. Braz. J. Chem. Eng. 24: 487-497.

Carawan, R.E., J.V. Chambers, and R.R. Zall. 1979. Waste and wastewater management in food processing – spinnoff on dairy processing water and waste water management. Extension Special Report No. AM-18B.

Cooperative Promotion Department (CPD). 2009. Data of Milk Reception at Factory Followed to Memorandum of Understanding (MOU) 2009/2010. Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)

Department of Industrial Works (DIW). 2001. Industrial Codes of Practice for Pollution Prevention. Ministry of industry. (in Thai)

_____. 2007. Cleaner Technology Codes of Practice for Dairy Industry. Ministry of industry. (in Thai)

Dairy Farming Promotion Organization of Thailand (DPO). 2009. Guideline for School Milk Management System Consideration Followed to Cabinet Resolutions on December 15, 2009. Ministry of agriculture and cooperation, Sarabury Province, Thailand. (in Thai)

European Integrated Pollution Prevention and Control (EIPPCB). 2002. Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink, and Milk Industry. Available source: http://www.p2pays.org/ref/21/20556.pdf, September 3, 2009.

Environment Agency. 2009. Dairy and Milk Processing Sector (EPR 6.13). How to Comply with Your Environment Permit. Available source: http://publications.environment-agency.gov.uk/pdf/GEHO0209BPIX-e-e.pdf, September 3, 2009.

Foster C., E. Audsley, A. Williams, S. Webster, P. Dewick and K.Green. 2007. The Environment, Social and Economic Impacts Associated with Liquid Milk Consumtion in the UK and its Production. Available source: http://www.defra.gov.uk/foodfarm/food/industry/sectors/milk/pdf/milk-envsocecon-impacts.pdf, August 17, 2010.

Henningsson, S., K. Hyde, A. Smith, and M. Campbell. 2004. The value of resource efficiency in food industry: A waste minimization project in East Anglia, UK. J. Cleaner Prod. 12: 505-512.

International Finance Corporation (IFC). 2007. Industry – Specific Impacts and Management. Environment, Health, and Safety Guidelines for Dairy Processing. Available source: http://www.ifc.org/ifcext/enviro.nsf/AttachmentsByTitle/gui_EHSGuidelines2007_DairyProcessing/$FILE/Final+-+Dairy+Processing.pdf, December 12, 2009.

Ozbay, A. and G.N. Demirer. 2007. Cleaner production opportunity assessment for a milk processing facility. J. Env. Man. 84: 484-494.

Punpaisarn, S. 2005. Control System for Pasteurized Milk Pouch Type Packaging at Kasetsart University Dairy Center. M. S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)

SAS. 2003. SAS/STAT User's Guide, Version 9. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

United Nations Environment Programme (UNEP). 2004. Eco-efficiency for the Dairy Processing Industry. Environmental Management Centre, The University of Queensland.

Wirojanagud, W. 2002. Pollution prevention of the agro-industry in the northeast of thailand. *In* Conference of the 10th International Greeting of Industry Network. 23–26 June 2002, Sweden.

World Bank Group. 1998. Pollution Management: Key Policy Lessons. Pollution Prevention and Abatement Handbook. Available source: http://lnweb18.worldbank.org/essd/envext.nsf/51ByDocname/DairyIndusry/$FILE/HandbookDairyIndustry.pdf, September 3, 2009.