

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดเพื่อลดต้นทุนการผลิตในโรงงานผลิตนํ้านมข้าวโพด

Application of cleaner technology for production-cost reduction in corn milk factory

มงคล ใจยา¹⁾ อภินันท์ เป้าทอง¹⁾ สฤณณี บวรสมบัติ²⁾ และสิทธิสิน บวรสมบัติ^{*1)}

1) ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ Email : sittisin@mju.ac.th

1) Department of Food technology, Faculty of Engineering and Agro Industry, Maejo University.

2) ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2) Department of Biology, Faculty of Science. Chiang Mai University.

บทคัดย่อ

การปรับปรุงกระบวนการผลิตบางขั้นตอน ได้แก่ การล้างข้าวโพด การปล่อยน้ำร้อนเข้าสู่ถังเก็บ การใช้น้ำในห้องบรรจุ และการทำความสะอาดเครื่องฆ่าเชื้อด้วยวิธี CIP จะทำให้ลดการใช้น้ำลงได้เป็นปริมาณ 187.20, 7.80, 10.92 และ 19.60 ลบ.ม/ปี ตามลำดับ หรือคิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ 1,128 บาท/ปี สำหรับการปรับปรุงขั้นตอนที่มีผลต่อการลดปริมาณการใช้น้ำมัน ซึ่งได้แก่ ระยะเวลาที่จะเริ่มเดินเครื่องกำเนิดไอน้ำ การถายนํ้าร้อนลงสู่ถังเก็บ การต้มผสมนํ้านมข้าวโพด การทำความสะอาดเครื่องฆ่าเชื้อด้วยวิธี CIP จะสามารถลดการใช้น้ำมันลงได้ 109.20, 109.20, 188.75 และ 1,904.76 ลิตร/ปี ตามลำดับ โดยมีมูลค่ารวม 34,678 บาท/ปี และเมื่อปรับสภาวะการผลิตโดยรวมทั้งหมด พบว่านํ้านมข้าวโพดบรรจุขวด จะมีแบคทีเรียทั้งหมด $4.34 \log \text{ cfu/g}$ ไม่พบยีสต์และรา

คำสำคัญ : เทคโนโลยีสะอาด, นํ้านมข้าวโพด, พลังงาน, คลอรีน

1. บทนำ

บริษัท สหเจริญเอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด เป็นบริษัทที่ทำธุรกิจเกี่ยวกับการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์เกษตรแปรรูป ในส่วนของผลิตภัณฑ์แปรรูป บริษัทฯ ได้ทำการผลิตนํ้านมข้าวโพด (corn milk) บรรจุขวดปิดสนิทออกจำหน่าย การผลิตนํ้านมข้าวโพดของบริษัทฯ กระทำในรูปแบบของโรงงานอุตสาหกรรมอาหารขนาดเล็ก แต่มีผลผลิตที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรมประเภทเดียวกัน เนื่องจากการใช้เครื่องจักรที่ทันสมัยในกระบวนการผลิต อย่างไรก็ตามยังมีบางขั้นตอนในกระบวนการผลิต ที่ไม่ได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพให้สูงขึ้น เนื่องจากการขาดแคลนข้อมูลสนับสนุนทางวิชาการ อาทิ ปริมาณน้ำและน้ำมันที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิต เป็นต้น ส่งผลให้บางขั้นตอนอาจมีการใช้ทรัพยากรในการผลิตอย่างเกินความจำเป็น และผลกระทบที่ตามมาอย่าง

หลีกเลี่ยงไม่ได้ คือ ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น และผนวกกับมีของเสียที่ต้องบำบัดและ/หรือกำจัดในปริมาณที่มากขึ้น ดังนั้นหากได้มีการจัดการที่ดี โดยอาศัยหลักการของเทคโนโลยีสะอาด ก็น่าจะทำให้เชื่อมั่นได้ว่าต้นทุนการผลิตของโรงงานและของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตจะลดลง โดยเฉพาะเมื่อโรงงานขยายกำลังการผลิตที่สูงขึ้น

หลักการของเทคโนโลยีสะอาด คือ การลดปัญหาที่แหล่งกำเนิด โดยการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และ/หรือการปรับปรุงกระบวนการ และการใช้ซ้ำ (reuse) หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (recycle) (พรพจน์, 2547)

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองได้แบ่งออกเป็น 2 หมวดใหญ่ๆ คือ การทดลอง เพื่อศึกษาการประหยัดปริมาณน้ำใช้ในโรงงาน

และการทดลองเพื่อศึกษาการประหยัพลังงาน ในรูปของน้ำมันดีเซลที่ใช้กับเครื่องกำเนิดไอน้ำ (boiler)

2.1 ศึกษาการลดปริมาณน้ำใช้ในโรงงาน

2.1.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้น้ำ

ทำการเก็บข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับปริมาณน้ำที่ใช้ในขั้นตอนที่เป็นเป้าหมาย ซึ่งได้แก่ขั้นตอนการล้างข้าวโพดทั้งฝักด้วยน้ำเปล่า การต้มผสม การล้างพื้นและล้างอุปกรณ์ การทำความสะอาดเครื่องฆ่าเชื้อด้วยวิธี CIP และน้ำล้างในห้องบรรจุ ปริมาณน้ำที่ใช้จะวัดได้โดยวิธีการต่างๆ กัน คือ การวัดปริมาตรภาชนะบรรจุ และการวัดอัตราการไหลของน้ำด้วยเวลา

2.1.2 ศึกษาอิทธิพลของปริมาณคลอรีนอิสระในน้ำล้างข้าวโพดต่อคุณภาพของข้าวโพด

ศึกษาปริมาณคลอรีนอิสระ (free chlorine) ที่เหมาะสมในน้ำ สำหรับใช้ล้างข้าวโพด โดยผันแปรปริมาณคลอรีนอิสระ ในน้ำให้มีค่าประมาณ 0.2, 100, 200, 300 และ 400 ppm โดยใช้คลอรีนน้ำ (sodium hypochlorite) ผสมกับน้ำสะอาด (Codony และคณะ, 2003) ตรวจสอบปริมาณคลอรีนอิสระด้วยชุด ทดสอบ (Test kit) ทำการล้างข้าวโพดปริมาณ 1 ตะกร้า ในน้ำล้างดังกล่าว ดังรูปที่ 1 แล้วนำขึ้นมาตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที ซึ่งเป็นเวลาเดียวกับที่ข้าวโพดจะถูกนำไปแปรรูปต่อไปตามขั้นตอนที่ปฏิบัติในโรงงาน



รูปที่ 1 การล้างข้าวโพด

เก็บตัวอย่างข้าวโพดไปทำการตรวจหาแบคทีเรียทั้งหมด (Total plate count) โดยการบดผสมตัวอย่างกับน้ำกลั่นด้วยเครื่องตีผสม (Stomacher 400) เจือจางอาหารตามลำดับส่วน และ pour plate ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA (Merck) บ่มจานเพาะเชื้อในตู้บ่ม (Heraeus,

B12) ที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง สำหรับการศึกษผลของคลอรีนอิสระ ต่อกลิ่นและรสชาติของข้าวโพด ทำได้โดยการนำข้าวโพดที่ล้างและทิ้งไว้นาน 30 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตจริง มาทำการทดสอบด้านประสาทสัมผัส ด้วยวิธี Triangle test เปรียบเทียบกับข้าวโพดที่ล้างด้วยน้ำปกติ ที่มีคลอรีนอิสระ 0.2 ppm

2.1.3 ศึกษาการลดปริมาณน้ำใช้ในขั้นตอนการล้างข้าวโพด

เลือกใช้ปริมาณคลอรีนอิสระที่เหมาะสม ที่ได้จากการทดลองในข้อ 2.1.2 มาทดสอบประสิทธิภาพในการล้างข้าวโพดจำนวน 15 ตะกร้า โดยการทดลองชุดควบคุม (control) จะใช้ข้าวโพดจากตะกร้าแช่ลงในน้ำสะอาดที่มีคลอรีนอิสระ 0.2 ppm มีการเติมน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำในถังให้คงที่ 2 ครั้ง ตามเครื่องหมายวัดระดับดังแสดงในรูปที่ 2 เปรียบเทียบกับการทดลองแช่ข้าวโพดจำนวน 30 ตะกร้า ในน้ำล้างที่มีปริมาณคลอรีนอิสระ 100 ppm โดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำและไม่มีการเติมน้ำในระหว่างการล้าง ทำการเก็บตัวอย่างข้าวโพดตาม



รูปที่ 2 เครื่องหมายกำหนดระดับน้ำในถังล้างข้าวโพด

ช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม มาตรวจปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่เหลืออยู่ในข้าวโพด และตรวจวัดความชื้นของน้ำที่ใช้ล้างข้าวโพด ด้วยเครื่องวัดความชื้น (HACH 2100) ทำการทดลอง 2 ครั้ง ในช่วงระยะเวลา 1 เดือน เพื่อหาค่าเฉลี่ย

2.1.4 ศึกษาการลดปริมาณน้ำใช้ในขั้นตอนการทำความสะอาดเครื่องฆ่าเชื้อด้วยวิธี CIP

ศึกษาปริมาณน้ำ ที่ใช้ในการล้างต่างและล้างกรด เมื่อมีการทำความสะอาดเครื่องฆ่าเชื้อด้วย

วิธี CIP โดยการใช้กระดาษลิตมัส (litmus paper) ตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เป็นกลางของน้ำที่ล้างต่าง และน้ำที่ล้างกรด ใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เป็นกลาง เป็นจุดยุติการใช้น้ำในขั้นตอนดังกล่าว

2.1.5 ศึกษาการลดปริมาณน้ำที่ใช้ในห้องบรรจุ

ศึกษาการลดปริมาณน้ำที่ใช้ในห้องบรรจุ โดยการเท น้มนมข้าวโพดที่เกิดปัญหาจากการผลิต ลงสู่ถังพลาสติกที่มีฝาปิด แทนการเทลงไปในรางระบายน้ำ ทำให้ไม่ต้องใช้น้ำฉีดทำความสะอาดรางระบายน้ำ

2.1.6 ศึกษาการลดปริมาณน้ำล้นในถังเก็บน้ำร้อน

ศึกษาการติดตั้งเครื่องควบคุมวาล์วปล่อยน้ำร้อนเข้าสู่ถังเก็บ ให้ทำงานแบบอัตโนมัติ โดยทดลอง ประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนเครื่องควบคุมต่างๆ ที่ชำรุดบางส่วนและไม่ได้ใช้งาน ณ จุดที่ติดตั้งเดิม เพื่อปรับระดับน้ำในถังเก็บให้ได้ตามต้องการ

2.1.7 วิเคราะห์ผลการประหยัดน้ำจากกระบวนการผลิต

รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำที่ลดลง อันเนื่องมาจากการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน แล้วคำนวณเป็นจำนวนเงิน เมื่อพิจารณาระยะเวลาการทำงานตลอดทั้งปี (156 วัน)

2.2 ศึกษาการลดปริมาณน้ำมันที่ใช้กับเครื่องกำเนิดไอน้ำ

2.2.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้น้ำมัน

ทำการเก็บข้อมูลเบื้องต้น เกี่ยวกับปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้สำหรับขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการผลิต

2.2.2 ศึกษาผลของระยะเวลาเริ่มเดินเครื่องกำเนิดไอน้ำต่อปริมาณน้ำมันที่ใช้

ศึกษาระยะเวลาที่เริ่มเดินเครื่องกำเนิดไอน้ำ ที่เหมาะสม ก่อนที่จะมีการนำน้ำร้อนจากถังเก็บไปใช้ในกระบวนการผลิต ทำการเก็บข้อมูล เป็นเวลา 5 วัน ในระยะเวลา 3 เดือน

2.2.3 ศึกษาการลดปริมาณน้ำมันสำหรับการทำน้ำร้อนในถังเก็บน้ำร้อน

ศึกษาการลดการสูญเสียของปริมาณน้ำร้อนที่ล้นออกจากถังเก็บน้ำร้อน โดยวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.6

2.2.4 ศึกษาการลดปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการต้ม น้มนมข้าวโพดในถังต้มผสม

ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการต้มผสมน้มนมข้าวโพด โดยทำการผันแปรอุณหภูมิต้มเป็น 3 ระดับคือ 60, 65, 70 และ 80°C (control) แล้วทำการทดสอบรสชาติ น้มนมข้าวโพดที่ได้ โดยวิธี Triangle test และอายุการเก็บรักษาน้มนมข้าวโพด บันทึกปริมาณน้ำมันที่ใช้ไปในการผลิตไอน้ำเพื่อการต้มผสมน้มนมข้าวโพด

2.2.5 ศึกษาการลดอุณหภูมิของน้ำในขั้นตอนการทำทำความสะอาดเครื่องฆ่าเชื้อด้วยวิธี CIP

ศึกษาการใช้น้ำอุณหภูมิปกติ แทนการใช้น้ำร้อนในการล้างคราบน้มนมข้าวโพด และในการล้างต่างและกรด ประกอบกับข้อมูลปริมาณน้ำที่เหมาะสม ในการทำความสะอาดเครื่องฆ่าเชื้อในข้อ 2.1.4 บันทึกปริมาณน้ำมันที่ใช้ไปกับกิจกรรมดังกล่าว

2.2.6 วิเคราะห์ผลการประหยัดน้ำมันจากกระบวนการผลิต

นำปริมาณน้ำมัน ที่สามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้จากผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนต่างๆ มาทำการคำนวณหาผลรวมต่อปี

2.3 ศึกษาผลด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ เมื่อทำการผลิตภายใต้สภาวะที่ปรับปรุงใหม่

นำข้าวโพดมาทำการผลิตตามแนวการผลิตเดิม แต่เปลี่ยนปัจจัยต่างๆ ตามผลการทดลองที่ได้รับในตอนต้น ดังนี้ คือ ใช้น้ำล้างที่มีคลอรีนอิสระ 100 ppm ต้มผสมที่อุณหภูมิ 70°C ผ่านเข้าเครื่องฆ่าเชื้อที่ทำความสะอาดด้วยวิธี CIP ตามที่ได้ปรับปรุง บรรจุในห้องเดิม แล้วทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรา

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ศึกษาการลดปริมาณน้ำใช้ในโรงงาน

3.1.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้น้ำ

ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้มนมข้าวโพด ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าปริมาณน้ำในบางขั้นตอน ยกเว้นน้ำที่ใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ สามารถนำ

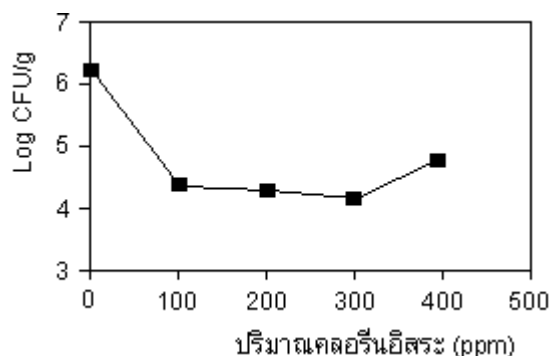
ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ขั้นตอน	ปริมาณน้ำที่ใช้ (ลิตร/วัน)
การล้างข้าวโพด	2,200
การต้มผสม	1,200
การล้างพื้นและอุปกรณ์	256
การล้างเครื่องฆ่าเชื้อ	1,472
การล้างห้องบรรจุ	290

มาพิจารณาหาแนวทางการลดปริมาณการใช้น้ำได้ในการศึกษาลำดับต่อไป

3.1.2 ศึกษาอิทธิพลของปริมาณคลอรีนอิสระในน้ำล้างข้าวโพดต่อคุณภาพของข้าวโพด

ปริมาณคลอรีนอิสระในน้ำ 100, 200, 300 และ 400 ppm มีผลต่อการลดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในเนื้อข้าวโพดที่ไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 3) โดยพบว่าปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดจะอยู่ในช่วง 4.1-4.8 log cfu/g และสามารถลดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ลงได้จากเดิมประมาณ 2 log cfu/g ซึ่งสอดคล้องกับ Sanz และคณะ (2002) ที่รายงานว่าปริมาณคลอรีนอิสระ 50 ppm สามารถลดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดใน artichoke ได้ 1 log cfu/g และคลอรีนยังเป็นสารฆ่าเชื้อที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอีกด้วย (Holah และคณะ, 2002)

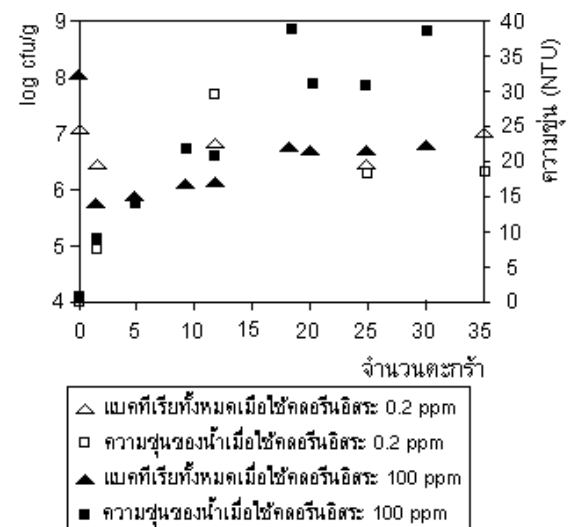


รูปที่ 3 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในข้าวโพด เมื่อล้างด้วยน้ำที่มีปริมาณคลอรีนอิสระแตกต่างกัน

เมื่อศึกษาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้ชิม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.01$) ดังนั้นจึงเลือกใช้ปริมาณคลอรีนอิสระในน้ำ 100 ppm สำหรับการล้างข้าวโพดในการทดลองต่อไป

3.1.3 ศึกษาการลดปริมาณน้ำใช้ในขั้นตอนการล้างข้าวโพด

เมื่อใช้น้ำที่มีปริมาณคลอรีนอิสระ 100 ppm ล้างข้าวโพด เปรียบเทียบกับชุดทดลองควบคุม (คลอรีนอิสระ 0.2 ppm) ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่าถ้าใช้



รูปที่ 4 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในข้าวโพด และความขุ่นของน้ำล้าง ที่มีปริมาณคลอรีนอิสระในน้ำต่างกัน

น้ำที่มีปริมาณคลอรีนอิสระ 0.2 ppm ล้างข้าวโพด จะต้องใช้น้ำประมาณ 1,100 ลิตร ต่อการล้างข้าวโพดประมาณ 15 ตะกั่ว หรือประมาณ 2,200 ลิตร ต่อ 30 ตะกั่ว ซึ่งรวมไปถึงน้ำที่เติมระหว่างการล้าง 2 ครั้งๆ ละ 50 ลิตร ในขณะที่น้ำล้างที่มีคลอรีนอิสระ 100 ppm จะใช้น้ำเพียงแค่ 1,000 ลิตร ต่อ 30 ตะกั่ว โดยสังเกตได้ว่าในกรณีหลัง ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดยังคงอยู่ในระดับประมาณ 6 log cfu/g ซึ่งเป็นปริมาณเดียวกับน้ำล้างที่มีคลอรีนอิสระ 0.2 ppm ทั้งๆ ที่ปริมาณแบคทีเรียเริ่มต้นของชุดทดลองมีค่าสูงกว่าชุดควบคุม 1 log cfu/g นอกจากนี้ ยังพบว่าปริมาณความขุ่นของน้ำล้างที่มีคลอรีนอิสระ 100 ppm ยังคงมีค่าต่ำกว่า 40 NTU ในขณะที่น้ำล้างที่มีคลอรีนอิสระ 0.2 ppm มี

ความขุ่นต่ำกว่า 18 NTU แต่อย่างไรก็ตามน้ำที่ได้ก็ยังคงมีความใสเท่ากัน เมื่อมองด้วยตาเปล่า และไม่พบเศษสิ่งสกปรกติดที่เนื้อข้าวโพดที่ผ่านการล้างด้วยวิธีการเหล่านี้

3.1.4 ศึกษาการลดปริมาณน้ำใช้ในขั้นตอนการทำความสะอาดเครื่องฆ่าเชื้อด้วยวิธี CIP

ใช้กระดาษลิตมัส ตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เป็นกลาง ของน้ำที่ใช้ในการล้างต่างและกรด เพื่อหาจุดยุติของการใช้น้ำ ส่งผลให้สามารถลดปริมาณน้ำได้ 126 ลิตร/วัน ดังผลที่แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทำความสะอาดเครื่องฆ่าเชื้อด้วยวิธี CIP

ประเภทการใช้น้ำ	ปริมาณน้ำที่ใช้โดยวิธีการเดิม (ลิตร/วัน)	ปริมาณน้ำที่ใช้โดยวิธีการใหม่ (ลิตร/วัน)
ล้างคราบนม	200	200
ผสมต่าง	200	200
ล้างต่าง	336	252
ผสมกรด	200	200
ล้างกรด	336	294
ฆ่าเชื้อเครื่อง	200	200

3.1.5 ศึกษาการลดปริมาณน้ำที่ใช้ในห้องบรรจุ

เมื่อเปลี่ยนวิธีการกำจัดน้ำนมข้าวโพด ที่เกิดปัญหาจากกระบวนการผลิต โดยการไม่เททิ้งลงในรางระบายน้ำ ทำให้ประหยัดน้ำที่ใช้ในการฉีดไล่น้ำนมข้าวโพดในรางระบายน้ำให้ไหลพ้นออกจากห้องบรรจุ ขั้นตอนนี้ประหยัดน้ำได้ 70 ลิตร/วัน และยังช่วยลด BOD load ให้แก่ระบบบำบัดน้ำเสียได้อีกทางหนึ่ง

3.1.6 ศึกษาการลดปริมาณน้ำล้นในถังเก็บน้ำร้อน

เมื่อทำการติดตั้งวาล์วปล่อยน้ำเข้าสู่ถังเก็บน้ำร้อน ดังรูปที่ 5 ทำให้น้ำร้อนไม่ไหลล้นออกจากถัง ส่งผลให้สามารถประหยัดน้ำร้อนได้ 50 ลิตร/วัน



รูปที่ 5 อุปกรณ์ควบคุมวาล์วปล่อยน้ำร้อนเข้าสู่ถังเก็บ

3.1.7 วิเคราะห์ผลการประหยัดน้ำจากกระบวนการผลิต

ปริมาณน้ำที่สามารถใช้ลดลงได้ ในกระบวนการผลิต แสดงไว้ในตารางที่ 3 พบว่าสามารถประหยัดน้ำใช้ได้ 225.52 ลบ.ม/ปี หรือคิดเป็นเงินได้ 1,128 บาท/ปี และเมื่อพิจารณาปริมาณน้ำที่สามารถประหยัดได้ จะทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานรับ BOD load ที่ต่ำลงจากปกติ ทำให้ประหยัดค่าดำเนินการได้อีกทางหนึ่ง

ตารางที่ 3 ผลรวมของปริมาณน้ำที่สามารถประหยัดได้

ขั้นตอน	ปริมาณน้ำใช้ที่ลดลง		จำนวนเงิน (บาท)
	ลิตร/วัน	ลบ.ม/ปี	
การล้างข้าวโพด	1,200	187.20	936.00
การปล่อยน้ำเข้าสู่ถังเก็บ	50	7.80	39.00
การใช้น้ำในห้องบรรจุ	70	10.92	54.60
CIP	126	19.60	98.28

3.2 ศึกษาการลดปริมาณน้ำมันที่ใช้กับเครื่องกำเนิดไอน้ำ

3.2.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้น้ำมันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ

ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้กับเครื่องกำเนิดไอน้ำในกิจกรรมต่างๆ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4 รวมปริมาณน้ำมันที่ใช้ทั้งสิ้น 45.03 ลิตร/วัน

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำมันที่ใช้สำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำ เพื่อใช้ในขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการผลิต

ประเภทกิจกรรม	ปริมาณน้ำมันที่ใช้ (ลิตร/วัน)
การเดินเครื่องกำเนิดไอน้ำก่อนการผลิต	3.00
การต้มผสมนํ้านมข้าวโพด	21.42
การต้มนํ้าร้อนสำหรับ CIP	20.61

3.2.2 ศึกษาผลของระยะเวลาเริ่มเดินเครื่องกำเนิดไอน้ำต่อปริมาณน้ำมันที่ใช้

ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเดินเครื่องกำเนิดไอน้ำ พบว่า ปริมาณน้ำมันที่ใช้ทั้งหมดประมาณ 3 ลิตร/วัน แต่เมื่อปรับระยะเวลาการเดินเครื่องกำเนิดไอน้ำให้ช้าลงจากเดิม โดยจะเริ่มเดินเครื่องกำเนิดไอน้ำเป็นเวลา 30 นาที ก่อนที่จะเริ่มมีการนำน้ำร้อนในถังเก็บไปใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้สามารถลดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงได้ 0.7 ลิตร/วัน

3.2.3 ศึกษาการลดปริมาณน้ำมันสำหรับการทำน้ำร้อนในถังเก็บน้ำร้อน

เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมวาล์วปล่อยน้ำเข้าสู่ถังเก็บน้ำร้อน พบว่า สามารถลดปริมาณน้ำร้อนที่สิ้นเปลืองได้ 50 ลิตร/วัน หรือคิดเป็นปริมาณน้ำมันที่สูญเสียไปกับการทำน้ำร้อนเท่ากับ 0.7 ลิตร/วัน

3.2.4 ศึกษาการลดปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการต้มผสมนมข้าวโพดในถังต้มผสม

ผลของอุณหภูมิในถังต้มผสม ที่มีต่อรสชาติและสภาพทางกายภาพของนํ้านมข้าวโพด เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ในบรรจุภัณฑ์ พบว่า อุณหภูมิในการต้มนํ้านมข้าวโพดที่ 70°C ไม่มีผลต่อรสชาติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และไม่มีผลต่อคุณภาพของนํ้านมข้าวโพดเมื่อเก็บรักษาในสภาวะปกติ ในขณะที่อุณหภูมิช่วง 60-65°C กลับมีผลต่อรสชาติของนํ้านมข้าวโพด อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยจะให้กลิ่นรสที่แตกต่างจากการต้มนํ้าที่อุณหภูมิควบคุม คือ 80°C ทำให้ประหยัดน้ำมันได้ 1.21 ลิตร/วัน

3.2.5 ศึกษาการลดอุณหภูมิของน้ำในขั้นตอนการทำความสะอาดเครื่องฆ่าเชื้อด้วยวิธี CIP

เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำบางส่วน ที่ใช้ในการทำความสะอาดเครื่องฆ่าเชื้อด้วยวิธี CIP จากน้ำร้อนเป็นน้ำที่อุณหภูมิห้อง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่า สามารถลดการใช้ความร้อนลงได้ 872 ลิตร/วัน คิดเป็นปริมาณน้ำมันที่ลดลงได้ 12.21 ลิตร/วัน

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำที่ใช้ ณ อุณหภูมิ 2 ค่า

ประเภทการใช้ น้ำ	ปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ (ลิตร/วัน)	ปริมาณน้ำที่มีอุณหภูมิปกติ (ลิตร/วัน)
ล้างคราบนม	200	200
ล้างต่าง	336	252
ล้างกรด	336	294

3.2.6 วิเคราะห์ผลการประหยัดน้ำมันจากกระบวนการผลิต

จากการปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตในบางขั้นตอน ทำให้สามารถประหยัดการใช้ไขมันลงได้ ดังผลแสดงในตารางที่ 6 พบว่าจะสามารถประหยัดน้ำมันได้ในขั้นตอนต่างๆ เป็นปริมาณรวมทั้งสิ้น 2,312 ลิตร/ปี ตามลำดับ และสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้เป็นจำนวนเงิน 34,678 บาท/ปี

ตารางที่ 6 มูลค่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ต่อปี

ขั้นตอนการผลิต	ปริมาณน้ำมัน		จำนวนเงิน (บาท/ปี)
	ลิตร/วัน	ลิตร/ปี	
การเริ่มเดินเครื่องกำเนิดไอน้ำ	0.7	109.20	1,638
การถายนํ้าร้อนสู่ถังเก็บ	0.7	109.20	1,638
การต้มผสม	1.21	188.76	2,831
CIP	12.21	1,904.76	28,571

3.3 ศึกษาผลด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ เมื่อทำการผลิตภายใต้สภาวะที่ปรับปรุงใหม่

เมื่อทำการเปลี่ยนวิธีการล้างข้าวโพด อุณหภูมิที่ใช้ในการต้มผสม และปรับปรุงการทำความสะอาดเครื่องฆ่าเชื้อด้วยวิธี CIP พบว่า ไม่พบยีสต์และรา ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 214 (2543) นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรียทั้งหมดในปริมาณที่ต่ำคือ $4.34 \log \text{ cfu/g}$

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษาการลดปริมาณน้ำใช้และปริมาณน้ำมันที่ใช้กับกระบวนการผลิตน้ำมันข้าวโพดบรรจุขวด พบว่าหลักการเทคโนโลยีสะอาด สามารถช่วยลดการสูญเสียจากขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการผลิตได้ คือ การล้างข้าวโพด การปล่อยน้ำเข้าถังเก็บน้ำร้อน การล้างท่อระบายน้ำในห้องบรรจุ และการฆ่าเชื้อด้วยวิธี CIP โดยสามารถประหยัดน้ำได้ประมาณ 187.2, 7.80, 10.92, 19.6 ลบ.ม/ปี ตามลำดับ คิดเป็นมูลค่ารวมทั้งสิ้น 1,128 บาท/ปี นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่ปนเปื้อนมาที่วัตถุดิบในขั้นตอนการล้างวัตถุดิบได้ดีกว่าการใช้ น้ำปกติล้างวัตถุดิบ และสามารถประหยัดน้ำมันในขั้นตอน การเริ่มเดินเครื่องกำเนิดไอน้ำ การเก็บน้ำร้อนในถัง การต้มผสมน้ำมันข้าวโพด และการล้างเครื่องฆ่าเชื้อด้วยวิธี CIP เป็นปริมาณ 109.2, 109.2, 188.76, 1904.76 ลิตร/ปี ตามลำดับ หรือคิดเป็นมูลค่ารวมทั้งสิ้น 34,678 บาท/ปี การลดปริมาณน้ำใช้และส่วนหนึ่งของขั้นตอนการประหยัดน้ำมัน แม้จะมีได้แสดงถึงมูลค่าที่น่าจะส่งผลในด้านเศรษฐศาสตร์ แต่นัยสำคัญที่แฝงอยู่ คือการปรับปรุงระบบการผลิตให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น เพื่อรองรับกำลังการผลิตที่จะขยายตัวในโอกาสหน้า และเพื่อลดภาระแก่งบประมาณน้ำเสียของโรงงาน ซึ่งนับเป็นประเด็นที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ต้องได้รับการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อปรับสภาวะการผลิตโดยรวมทั้งหมด หลังจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดพบว่า น้ำมันข้าวโพดบรรจุขวด จะมีแบคทีเรียทั้งหมด $4.34 \log \text{ cfu/g}$ ไม่พบยีสต์และรา

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุญาตให้ใช้สถานที่ในการดำเนินงาน และบริษัท สหเจริญเอ็นเตอร์ไพรซ์ จำกัด ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ร่วมมือ ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์และเอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการวิจัย และทำยสุดใคร่ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรม สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ประจำปี 2546 ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนสำหรับการวิจัย และได้ให้โอกาสเผยแพร่ผลงานวิจัยเพื่อประโยชน์แก่ผู้สนใจทั่วไป

6. เอกสารอ้างอิง

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 214 พ.ศ. 2543

เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์. 2547. เทคโนโลยีสะอาดและการประเมินละเอียด และการเก็บข้อมูลในโรงงาน. เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง เทคนิคการตรวจประเมินเทคโนโลยีสะอาด. ไม่ระบุสถานที่พิมพ์. กรุงเทพฯ

Codony, F; P, Domenico and J. Mass. 2003.

Assessment of bismuth thiols and conventional disinfectants on drinking water biofilms.

Journal of Applied Microbiology. 95: 288-293

Holah, J.T., J.H. Taylor, D.J. Dawson and K.E.

Hall. (2002). Biocide use in the food industry and the disinfectant resistance of persistent strains of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli*. *J. of Applied Microbiology Symposium supplement*. 31: 111S-120S

Sanz, S., M. Gimenez, C. Olrate, C. Lomas and J.

Portu. 2002. Effectiveness of chlorine washing disinfection and effects on the appearance of artichoke and borage. *Journal of Applied Microbiology*, 93: 986-993