บทที่ 5
ผลการทดลองและวิจารณ์

งานวิจัยนี้แยกผลการทดลอง การวิเคราะห์และวิจารณ์ เป็น 2 ส่วน คือ ผลการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการประเมินสมรรถนะของเครื่องเพื่อเลือกจุดที่เหมาะสมในการทำงาน และผลการทดลองลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าทั้งสองวิธี เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบในด้านต่างๆ เช่น ความสามารถในการผลิต (ก.ก./ชม.) ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน คุณภาพของเมล็ดกาแฟและสารกาแฟที่ได้ ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม เป็นต้น รวมทั้งทำการศึกษาหาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าในการปฏิบัติงานจริง ผลการทดลองมีดังนี้

5.1 ผลการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า

การทดลองใช้แรงงานในการปฏิบัติงาน 2 คน ทำการทดลองความเร็วรอบละ 3 ครั้ง และนำข้อมูลมาเฉลี่ยหาค่ากลางเพื่อความถูกต้องของข้อมูล ผลการทดลองทั้งหมดนำไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความแตกต่างที่เกิดขึ้นอีกครั้งก่อนสรุปเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่อง ผลการทดลองที่ได้มีดังนี้

ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า

1. อัตราการเคลื่อนที่ของเมล็ดกาแฟ (เมตร/วินาที) จากผลการทดลองพบว่าเมื่อทำการเพิ่มความเร็วรอบในการทำงานของเครื่อง จะทำให้เมล็ดกาแฟที่ถูกลำเลียงขึ้นด้วยสกรูมีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้น โดยในการทดลองที่ 4 ปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 850 รอบ/นาที เมล็ดกาแฟมีอัตราการเคลื่อนที่ขึ้นเร็วที่สุด 0.029 เมตร/วินาที รองลงมาได้แก่ การทดลองที่ความเร็วรอบ 750 รอบ/นาที, 650 รอบ/นาที และ550 รอบ/นาที มีอัตราการเคลื่อนที่ของเมล็ดกาแฟ 0.022 เมตร/วินาที, 0.017 เมตร/วินาที และ 0.014 เมตร/วินาที ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการทดลองปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 550 รอบ/นาที และ 650 รอบ/นาที ค่าอัตราการเคลื่อนที่ของเมล็ดกาแฟไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แต่การทดลองปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 750 รอบ/นาที ผลการทดลองที่ได้มีความแตกต่างจากการทดลองที่ความเร็วรอบ 550 รอบ/นาที และ 650 รอบ/นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 850 รอบ/นาที ที่ได้ผลการทดลองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการทดลองที่ความเร็วรอบ 550 รอบ/นาที, 650 รอบ/นาที และ750 รอบ/นาที ผลการทดลองทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 5.1

2. ความสามารถในการผลิต (ก.ก./ชม.) จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการเพิ่มความเร็ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รอบในการทำงานของเครื่อง จะทำให้ความสามารถในการผลิตเพิ่มมากขึ้น โดยผลการทดลองที่ได้เป็นไปในทางเดียวกับอัตราการเคลื่อนที่ของเมล็ดกาแฟ คือการปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 850 รอบ/นาที มีความสามารถในการผลิตมากที่สุด 516.09 ก.ก./ชม. (น้ำหนักเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือก) รองลงมาได้แก่ การทดลองที่ความเร็วรอบ 750 รอบ/นาที, 650 รอบ/นาที และ550 รอบ/นาที มีความสามารถในการผลิต 470.22 ก.ก./ชม.,442.67 ก.ก./ชม.และ436.76 ก.ก./ชม. ตามลำดับ และเมื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการทดลองปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 550 รอบ/นาที และ 650 รอบ/นาที มีค่าความสามารถในการผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แต่การทดลองปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 750 รอบ/นาที ค่าความสามารถในการผลิตมีความแตกต่างจากการทดลองที่ความเร็วรอบ 550 รอบ/นาที และ 650 รอบ/นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 850 รอบ/นาที ที่ได้ผลการทดลองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับการทดลองที่ความเร็วรอบ 550 รอบ/นาที, 650 รอบ/นาที และ750 รอบ/นาที ผลการทดลองที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.1

3. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะไม่มีภาระ (ไม่มีเมล็ดกาแฟภายในตัวเครื่อง, กิโลวัตต์) จากการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า พบว่าการเพิ่มความเร็วรอบในการทำงานจะทำให้เครื่องมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น โดยการทดลองที่ 1 ปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 550 รอบ/นาที ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด 0.92 กิโลวัตต์ และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นเมื่อทำการเพิ่มความเร็วรอบ โดยการทดลองที่ความเร็วรอบ 650 รอบ/นาที, 750 รอบ/นาที และ850 รอบ/นาที มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 0.96 กิโลวัตต์, 1.18 กิโลวัตต์ และ 2.11 กิโลวัตต์ ตามลำดับ เมื่อนำผลการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าทุกการทดลองมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.1

4. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะมีภาระ (มีเมล็ดกาแฟภายในตัวเครื่องเต็มความจุ, [(กิโลวัตต์ ×ชม.)/ก.ก.]) ผลการทดลองที่ได้เป็นไปในแนวทางเดียวกับผลการทดลองการใช้พลังงานขณะที่เครื่องไม่มีภาระ โดยการปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 850 รอบ/นาที 750 รอบ/นาที, 650 รอบ/นาที และ550 รอบ/นาที มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 6.84×10^{-3} (กิโลวัตต์×ชม.)/ก.ก., 5.68×10^{-3} (กิโลวัตต์×ชม.)/ก.ก., 5.38×10^{-3} (กิโลวัตต์×ชม.)/ก.ก., 5.29×10^{-3} (กิโลวัตต์×ชม.)/ก.ก., ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าทุกการทดลองมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.1

5. ปริมาณน้ำที่ใช้ในขบวนการผลิต (ลบ.ม./ก.ก.) ผลการเก็บข้อมูลจากเกจวัดปริมาณน้ำที่เข้าเครื่องและนำข้อมูลมาคำนวณ พบว่าการทดลองปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 550 รอบ/นาที มีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุดคือ 3.26×10^{-4} ลบ.ม./ก.ก. รองลงมาได้แก่ การทดลองที่ความเร็วรอบ 650 รอบ/นาที, 750 รอบ/นาที และ 850 รอบ/นาที ซึ่งมีการใช้ปริมาณน้ำ 3.23×10^{-4} ลบ.ม./ก.ก.,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.11 $\times 10^{-4}$ ลบ.ม./ก.ก. และ 2.92 $\times 10^{-4}$ ลบ.ม./ก.ก. ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อเพิ่มความเร็วรอบในการปฏิบัติงานเร็วขึ้นจะทำให้ความสามารถในการผลิตมากขึ้น ส่งผลให้มีการทำงานที่เร็วและใช้ปริมาณน้ำที่น้อยลง และเมื่อนำผลการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ทุกการทดลองมีปริมาณการใช้น้ำที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าที่ความเร็วรอบต่างๆ

หัวข้อการทดลอง	ความเร็วรอบ (รอบ/ นาที)			
	550	650	750	850
อัตราการเคลื่อนที่ของเมล็ดกาแฟ (เมตร/วินาที)[1]	0.014 a	0.017 a	0.022 b	0.029 c
ความสามารถในการผลิต (ก.ก./ชม.)[2]	436.76 a	442.67 a	470.22 b	516.09 c
พลังงานไฟฟ้าขณะไม่มีภาระ (กิโลวัตต์)[3]	0.92 a	0.96 b	1.18 c	2.11 d
พลังงานไฟฟ้าขณะมีภาระ [(กิโลวัตต์×ชม.)/ก.ก.][4]	5.29×10^{-3}	5.38×10^{-3}	5.68×10^{-3}	6.84×10^{-3}
ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม./ก.ก.)[5]	3.26×10^{-4} a	3.23×10^{-4} b	3.11×10^{-4} c	2.92×10^{-4} d

หมายเหตุ: ตัวเลขในแนวนอนที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

หัวข้อการทดลองต่างๆ ในตารางที่ 5.1 คำนวณหาความสัมพันธ์ได้ตามสมการข้างล่าง ดังนี้

1. อัตราการเคลื่อนที่ของเมล็ด (เมตร/วินาที) = $\frac{\text{ระยะทางที่เมล็ดกาแฟเคลื่อนที่ (เมตร)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (วินาที)}}$

2. ความสามารถในการผลิต (ก.ก./ชม.) = $\frac{\text{น้ำหนักเมล็ดกาแฟหลังลอกเมือก (ก.ก.)}}{\text{เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทำงาน (ชม.)}}$

3. พลังงานไฟฟ้าขณะไม่มีภาระ (กิโลวัตต์)

$$= \frac{\text{กระแสไฟฟ้าที่เครื่องใช้ขณะไม่มีเมล็ดกาแฟ (แอมแปร์)} \times \text{แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)}}{1{,}000}$$

4. พลังงานไฟฟ้าขณะมีภาระ [(กิโลวัตต์×ชม.)/ก.ก.)]

$$= \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องใช้ขณะมีเมล็ดกาแฟอยู่ภายใน (กิโลวัตต์)} \times \text{เวลาทำงาน (ชม.)}}{\text{น้ำหนักเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือก (ก.ก.)}}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม./ก.ก.) = ปริมาตรของน้ำที่ใช้ในขบวนการผลิต (ลบ.ม.)
น้ำหนักเมล็ดกาแฟก่อนการลอกเมือก (ก.ก.)

ผลการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือก

1. เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่แตกหักและไม่แตกหัก จากผลการสุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือก การทดลองละ 10 ตัวอย่างๆ ละ 100 เมล็ด มาตรวจสอบและหาค่าเฉลี่ยพบว่าการทดลองปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 850 รอบ/นาที มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่แตกหักมากที่สุดคือ 22.40% และจะลดลงเมื่อใช้ความเร็วรอบที่ต่ำลงในการทำงาน โดยเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่แตกหักจากการทดลองที่ความเร็วรอบ 750 รอบ/นาที, 650 รอบ/นาที และ 550 รอบ/นาที มีค่า 6.30%, 5.40% และ 2.20% ตามลำดับ เมื่อนำผลการทดลองมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าการปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 850 รอบ/นาที ให้ผลการทดลองที่แตกต่างจากทุกการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองที่ความเร็วรอบ 550 รอบ/นาที ส่วนการทดลองปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 650 รอบ/นาที และ 750 รอบ/นาที พบว่าให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$) สำหรับผลการตรวจสอบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่ไม่แตกหัก จะให้ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์ทางสถิติในแนวทางเดียวกัน ผลการทดลองทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 5.2

2. เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกหมด จากผลการสุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือกและไม่แตกหัก การทดลองละ 10 ตัวอย่างๆละ 100 เมล็ด มาตรวจสอบและหาค่าเฉลี่ย พบว่าการทดลองปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 550 รอบ/นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกหมดต่ำที่สุด คือ 75.20% โดยจากการสังเกตด้วยสายตาและใช้มือในการขัดสีกันระหว่างเมล็ดกาแฟที่ได้จากเครื่อง จะพบเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกไม่หมดปะปนอยู่กับเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้หมด และจะมีค่าน้อยลงเมื่อเพิ่มความเร็วรอบในการปฏิบัติงาน โดยการทดลองที่ความเร็วรอบ 650 รอบ/นาที, 750 รอบ/นาที และ 850 รอบ/นาที จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกหมด 97.90%, 98.30% และ 98.80%ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าการปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 550 รอบ/นาที จะให้ผลการทดลองที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากการทดลองทั้งหมด โดยการทดลองที่ความเร็วรอบ 650 รอบ/นาที, 750 รอบ/นาที และ 850 รอบ/นาที จะให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq 0.05$) ผลการทดลองทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 5.2

3. เปอร์เซ็นต์เศษตกค้างที่ปะปนกับเมล็ดกาแฟที่ออกจากเครื่อง จากการทดลองสุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือก การทดลองละ 10 ตัวอย่างๆ ละ 500 กรัม นำมาคัดแยกเศษตกค้างออกและชั่งน้ำหนักหาค่าเฉลี่ย พบว่าการทดลองที่ความเร็วรอบ 850 รอบ/นาที มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์เศษตกค้างปะปนมากที่สุด เนื่องจากเมล็ดกาแฟภายในตัวเครื่องมีอัตราการเคลื่อนที่เร็ว ทำให้เมือกกาแฟและเศษเจือปนอื่นไม่สามารถออกสู่ภายนอกที่ผนังห้องลอกเมือกได้หมดและปะปนกับเมล็ดกาแฟที่ออกจากเครื่อง โดยมีเปอร์เซ็นต์เศษตกค้างปะปน 2.02% การทดลองปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 750 รอบ/นาที, 650 รอบ/นาที และ 550 รอบ/นาที มีเปอร์เซ็นต์เศษตกค้างปะปน 1.94%, 1.95% และ 1.93% ตามลำดับ แต่เมื่อนำผลการทดลองทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าทุกความเร็วรอบให้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ผลการทดลองทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 5.2

4. สีของเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้ จากการตรวจวัดโดยใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐาน (Color chart) พบว่าเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้ทุกการทดลองมีสีที่คล้ายกันและใกล้เคียงกับสีกลุ่ม Yellow group 11 B ซึ่งมีลักษณะเป็นสีเหลืองนวลใส ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.2

5. เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้ จากการสุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟและตรวจวัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นอินฟราเรด การทดลองละ 5 ตัวอย่าง และนำค่ามาเฉลี่ย พบว่าเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้จากทุกการทดลองมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) โดยการทดลองที่ความเร็วรอบ 850 รอบ/นาที 750 รอบ/นาที, 650 รอบ/นาที และ550 รอบ/นาที เมล็ดกาแฟมีความชื้น 54.50%, 53.40%, 54.10% และ 52.80% โดยน้ำหนัก (มาตรฐานเปียก) ตามลำดับ ผลการทดลองทั้งหมดแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือก

หัวข้อการทดลอง	ความเร็วรอบ (รอบ/ นาที)			
	550	650	750	850
เมล็ดกาแฟที่แตกหัก (%)[1]	2.20 a	5.40 b	6.30 b	22.40 c
เมล็ดกาแฟที่ไม่แตกหัก (%)[2]	97.80 a	94.60 b	93.70 b	77.60 c
เมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกหมด(%)[3]	75.20 a	97.90 b	98.30 b	98.80 b
เศษตกค้างปะปน (%)[4]	1.93 ns	1.95 ns	1.94 ns	2.02 ns
สีของเมล็ดกาแฟ	Yellow group 11 B	Yellow group 11 B	Yellow group 11 B	Yellow group 11 B
ความชื้นของเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือก (%)	52.80 ns	54.10 ns	53.40 ns	54.50 ns

หมายเหตุ: ตัวเลขในแนวนอนที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หัวข้อการทดลองต่างๆ ในตารางที่ 5.2 คำนวณหาความสัมพันธ์ได้ตามสมการข้างล่าง ดังนี้

1. เมล็ดกาแฟที่แตกหัก (%) = $\frac{\text{จำนวนเมล็ดกาแฟที่แตกหัก}}{\text{จำนวนเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือกทั้งหมด}} \times 100$

2. เมล็ดกาแฟที่ไม่แตกหัก (%) = $\frac{\text{จำนวนเมล็ดกาแฟที่ไม่แตกหัก}}{\text{จำนวนเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือกทั้งหมด}} \times 100$

3. เมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกหมด (%) = $\frac{\text{จำนวนเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้หมด}}{\text{จำนวนเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือกและไม่แตกหัก}} \times 100$

4. เศษตกค้างปะปน (%) = $\frac{\text{น้ำหนักเศษตกค้างปะปนกับเมล็ดกาแฟที่สุ่มออกจากเครื่อง}}{\text{น้ำหนักทั้งหมดที่ทำการสุ่มตัวอย่าง}} \times 100$

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองลอกเมือกเมล็ดกาแฟอาราบิก้าด้วยความเร็วรอบต่าง ๆ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่อง พบว่าการปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 750 รอบ/นาที มีความเหมาะสมที่สุดในการทำงาน โดยมีความสามารถในการทำงานสูงกว่าการปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 550 รอบ/นาที และ 650 รอบ/นาที และเมื่อทำการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือกพบว่า เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้หมดและเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่แตกจากการลอกเมือกกาแฟด้วยความเร็วรอบ 650 รอบ/นาที และ 750 รอบ/นาที ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 550 รอบ/นาที แม้ว่าจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดและมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่แตกต่ำ แต่จะมีประสิทธิภาพในการลอกเมือกกาแฟน้อยลงตามไปด้วย โดยมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้หมดต่ำที่สุด สำหรับการปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 850 รอบ/นาที แม้ว่าจะมีความสามารถในการผลิตสูงสุด แต่เมล็ดกาแฟที่ได้เกิดการแตกหักและมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการลอกเมือกกาแฟ พบว่าการปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 850 รอบ/นาที มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้หมดไม่แตกต่างจากความเร็วรอบ 750 รอบ/นาที และการที่เมล็ดกาแฟมีอัตราการเคลื่อนที่เร็วจะทำให้เศษตกค้างปะปนต่างๆ (เศษเปลือกกาแฟที่ปะปนกับเมล็ดกาแฟที่เข้าเครื่อง เศษเมือกกาแฟที่หลุดออกจากเมล็ด เศษดินทรายและเศษฝุ่นละอองต่างๆ) ไม่สามารถถูกแยกด้วยน้ำออกจากเมล็ดกาแฟทางผนังห้องลอกเมือกกาแฟได้หมด และปะปนกับเมล็ดกาแฟที่ออกจากเครื่อง ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์เศษตกค้างปะปนที่ความเร็วรอบ 850 รอบ/นาที มีค่าสูงที่สุด เมื่อพิจารณาถึงปริมาณน้ำที่ใช้ในการทำงาน หากเปรียบเทียบการลอกเมือกเมล็ดกาแฟที่ปริมาณเท่ากัน การปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบสูงขึ้นจะทำให้อัตราการเคลื่อนที่ของเมล็ดกาแฟเร็วขึ้นและสามารถลอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมือกกาแฟโดยใช้เวลาที่น้อยลง ทำให้มีการใช้ปริมาณน้ำที่ต่ำลง ดังนั้นการปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 750 รอบ/นาที จึงมีการใช้ปริมาณน้ำในการทำงานที่ต่ำกว่าความเร็วรอบ 550 รอบ/นาที และ 650 รอบ/นาที โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ การใช้ปริมาณน้ำที่น้อยลง นอกจากเป็นการลดต้นทุนการผลิตแล้ว สามารถเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการช่วยลดผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม อันเกิดจากน้ำทิ้งในกระบวนการผลิตสารกาแฟได้

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองทั้งหมดทำให้สรุปเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า คือปฏิบัติงานที่ความเร็วรอบ 750 รอบ/นาที และนำไปใช้ในการทดลองลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าโดยเปรียบเทียบกับวิธีหมักธรรมชาติต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.2 ผลการทดลองและเปรียบเทียบวิธีการลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า

5.2.1 ผลการทดลองลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าด้วยวิธีหมักธรรมชาติ ได้ทำการทดลองหมักกาแฟอาราบิก้าในบ่อหมักประมาณ 800 ก.ก. ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 19°C โดยทำการใส่น้ำให้ท่วมเมล็ดและทิ้งไว้เพื่อให้เมือกกาแฟเกิดการย่อยสลาย จากการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงของเมือกกาแฟและน้ำที่ใช้ในการหมักทุกๆ 5 ชั่วโมงพบว่า

- ชั่วโมงที่ 5 เมือกกาแฟและน้ำที่ใช้ในการหมักจะยังไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ

- ชั่วโมงที่ 10 เมือกกาแฟจะเริ่มเปื่อยยุ่ยเล็กน้อยและมีบางส่วนสลายตัวปนกับน้ำที่ใช้ในการหมัก ซึ่งทำให้น้ำที่หมักมีคุณภาพต่ำลงและมีสีที่คล้ำขึ้น

- ชั่วโมงที่ 15 การเปลี่ยนแปลงของเมือกกาแฟและน้ำที่ใช้ในการหมักเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับชั่งโมงที่ 10

- ชั่วโมงที่ 20 เมือกกาแฟจะเปื่อยยุ่ยมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อทำการขัดสีเมล็ดกาแฟด้วยมือ จะมีเมือกลื่นๆย่อยสลายออกจากเมล็ดกาแฟเป็นยางเหนียวเกาะติดที่มือ แต่ยังมีเมือกกาแฟเหลืออยู่ที่เมล็ด น้ำที่ใช้หมักมีคุณภาพต่ำลง มีสีคล้ำขึ้น เกิดฟองสีขาวที่บริเวณผิวน้ำและมีกลิ่นเหม็นอ่อนๆ เกิดขึ้น

- ชั่วโมงที่ 25 การเปลี่ยนแปลงของเมือกกาแฟและน้ำที่ใช้ในการหมัก เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับชั่วโมงที่ 20

- ชั่วโมงที่ 30 เมือกหุ้มรอบเมล็ดกาแฟจะเปื่อยยุ่ยทั้งเมล็ด สามารถทำการขัดล้างเมือกกาแฟได้โดยง่าย สาเหตุที่เมือกกาแฟยุ่ยเปื่อยและหลุดออกจากเมล็ด เนื่องจากถูกย่อยด้วยเอนไซม์ต่างๆ ภายในเมล็ดและจุลินทรีย์ภายนอก น้ำที่ใช้ในการหมักมีคุณภาพต่ำลงมาก มีสีคล้ำขึ้น เกิดฟองสีขาวและมีชั้นฟิล์มหนืดเกิดขึ้นที่บริเวณผิวน้ำอันเกิดจากเมือกกาแฟที่สลายตัวในน้ำทำให้น้ำมีกลิ่นเหม็นมากขึ้น

เมื่อทำการขัดล้างเมือกกาแฟออกจากเมล็ดแล้วต้องนำเมล็ดกาแฟมาล้างทำความสะอาดอีกครั้งเพื่อกำจัดสิ่งตกค้างออกก่อนทำการลดความชื้นต่อไป ใช้แรงงานในการปฏิบัติงาน 2 คน น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะมีคุณภาพต่ำ ไม่สามารถนำไปใช้ได้อีก จำเป็นต้องปล่อยทิ้งและเปลี่ยนน้ำใหม่เมื่อทำการหมักเมล็ดกาแฟครั้งต่อไป ผลการทดลองทั้งหมดแสดงไว้ในรูปที่ 5.1-5.5 ได้ความสามารถในการผลิต 22.55 ก.ก./ชม.(น้ำหนักเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือก) โดยคิดระยะที่ใช้ในการหมัก 30 ชั่วโมง ใช้น้ำในการหมักและล้างทำความสะอาดเมล็ดกาแฟประมาณ 1.39×10^{-3} ลบ.ม./ก.ก. (น้ำหนักเมล็ดกาแฟก่อนการลอกเมือก) ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.3

5.2.2 ผลการทดลองลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าด้วยวิธีใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า ในการทดลองและเก็บข้อมูลจะใช้วัสดุทดลองคือ ผลกาแฟอาราบิก้ารุ่นเดียวกับที่ใช้ในวิธีหมักธรรมชาติ และปอกเปลือกนอกออกด้วยเครื่องสีเปลือกกาแฟเครื่องเดียวกัน ใช้ความเร็วรอบในการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปฏิบัติงาน 750 รอบ/นาที ซึ่งมีความเหมาะสมที่สุด การทดลองและเก็บข้อมูลแสดงไว้ในรูป 5.6-5.10 ผลการทดลองได้ว่าเครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าใช้แรงงานในการปฏิบัติงาน 2 คน มีความสามารถในการผลิตมากกว่าวิธีหมักธรรมชาติ คือ 468.11 ก.ก./ชม. (น้ำหนักเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือก) อัตราการเคลื่อนที่ขึ้นของเมล็ดกาแฟโดยสกรูลำเลียง 0.023 เมตร/วินาที ใช้พลังงานไฟฟ้าขณะลอกเมือกกาแฟ 5.58×10^{-3} (กิโลวัตต์×ชม.)/ก.ก. สามารถลอกเมือกได้หมด เมล็ดกาแฟมีความสากไม่ลื่น ใช้น้ำในการทำงานประมาณ 3.09×10^{-4} ลบ.ม./ก.ก. (น้ำหนักเมล็ดกาแฟก่อนการลอกเมือก) น้อยกว่าวิธีหมักธรรมชาติ ผลการทดลองทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองการลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าทั้งสองวิธี

หัวข้อการทดลอง	วิธีการลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า	
	วิธีหมักธรรมชาติ	วิธีใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟ (750 รอบ/นาที)
อัตราการเคลื่อนที่ของเมล็ดกาแฟ (เมตร/วินาที)	-	0.023
ความสามารถในการผลิต (ก.ก./ชม.)	22.55	468.11
พลังงานไฟฟ้าขณะมีภาระ [(กิโลวัตต์×ชม.)/ก.ก.]	-	5.58×10^{-3}
ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม./ก.ก.)	1.39×10^{-3}	3.09×10^{-4}
แรงงานในการปฏิบัติงาน	2 คน	2 คน

<u>ผลการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือก</u>

1. เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่แตกหักและไม่แตกหัก จากการสุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือก วิธีละ 10 ตัวอย่างๆ ละ 100 เมล็ด มาตรวจสอบและหาค่าเฉลี่ย พบว่าการลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าด้วยวิธีหมักธรรมชาติมีค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่แตกหัก 1.90% น้อยกว่าวิธีใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าซึ่งมีเมล็ดกาแฟแตกหัก 5.90% และเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่แตกหักจากการลอกเมือกกาแฟทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่ไม่แตกหักจากการลอกเมือกกาแฟทั้งสองวิธี มีผลการทดลองและผลการวิเคราะห์ทางสถิติเช่นเดียวกัน ซึ่งมีค่า 98.10%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับวิธีหมักกาแฟธรรมชาติ และ 94.10% สำหรับวิธีใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า ผลการทดลองทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 5.4

2. เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้หมด จากการสุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้และไม่แตกหัก วิธีละ 10 ตัวอย่างๆ ละ 100 เมล็ด มาตรวจสอบและหาค่าเฉลี่ย พบว่าการลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าด้วยวิธีหมักธรรมชาติ สามารถลอกเมือกกาแฟได้หมดทุกเมล็ด เนื่องจากใช้แรงงานคนในการขัดสีเมือกกาแฟออกจากเมล็ดและล้างทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ สำหรับวิธีใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า พบว่าสามารถลอกเมือกกาแฟได้ทั้งหมด 98.20% โดยมีบางเมล็ดที่มีเมือกกาแฟเหลือติดอยู่เล็กน้อย และเมื่อนำผลการทดลองมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ผลการทดลองที่ได้จากทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.4

3. เปอร์เซ็นต์เศษตกค้างที่ปะปนกับเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือก จากการสุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือกด้วยวิธีใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า 10 ตัวอย่างๆ ละ 500 กรัม นำมาตรวจสอบและหาค่าเฉลี่ย พบว่ามีเปอร์เซ็นต์เศษตกค้างปะปน 1.97% สำหรับวิธีหมักธรรมชาติ เมล็ดกาแฟที่หมักและลอกเมือกเรียบร้อยแล้ว จะมีขั้นตอนการล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง ทำให้เมล็ดกาแฟสะอาดไม่มีเศษตกค้างปะปน ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.4

4. สีของเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้ จากการตรวจสอบสีของเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้โดยเทียบกับแผ่นเทียบสีมารตรฐาน (Color chart) พบว่าเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้จากวิธีใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า จะมีสีเหลืองนวลใสและใกล้เคียงกับสีกลุ่ม Yellow group11B แตกต่างจากเมล็ดกาแฟที่ได้จากวิธีหมักธรรมชาติ ซึ่งจะมีสีเหลืองคล้ำกว่าเมื่อนำมาเทียบกับแผ่นเทียบสีมาตรฐานจะใกล้เคียงกับสีกลุ่ม Green–Yellow group 162B ข้อมูลผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.4

5. ความชื้นของเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้ จากการสุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้ วิธีละ 5 ตัวอย่าง และนำมาตรวจวัดหาค่าความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นอินฟราเรด พบว่าเมล็ดกาแฟที่ได้จากวิธีหมักธรรมชาติจะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นมากกว่าเมล็ดกาแฟที่ได้จากวิธีใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า คือ 60.4% และ 53.2 % โดยน้ำหนัก (มาตรฐานเปียก) ตามลำดับ เนื่องจากเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกวิธีหมักธรรมชาติจะถูกแช่น้ำเพื่อทำการหมักเป็นเวลานานทำให้เมล็ดกาแฟมีความชื้นมากขึ้น และเมื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าผลการทดลองที่ได้จากทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5.4 ผลการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือกจากทั้งสองวิธี

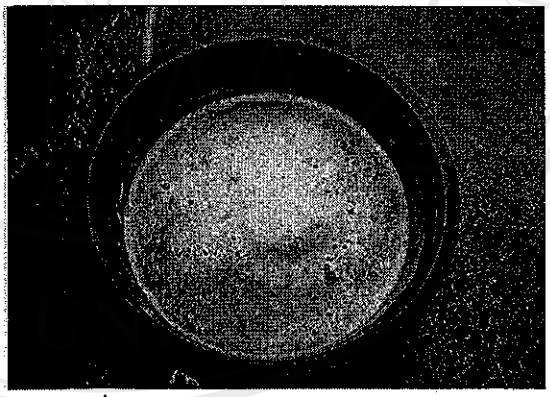
หัวข้อการทดลอง	วิธีการลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า	
	วิธีหมักธรรมชาติ	วิธีใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟ (750 รอบ/นาที)
เมล็ดกาแฟที่แตกหัก (%)	1.90 a	5.90 b
เมล็ดกาแฟที่ไม่แตกหัก (%)	98.10 a	94.10 b
เมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้หมด (%)	100 a	98.20 b
เศษตกค้างปะปน (% โดย น.น.)	0	1.97
สีของเมล็ดกาแฟ	Green-yellow group 162 B	Yellow group 11 B
ความชื้นของเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือก (% โดย น.น. wb)	60.40 a	53.20 b

หมายเหตุ: ตัวเลขในแนวนอนที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

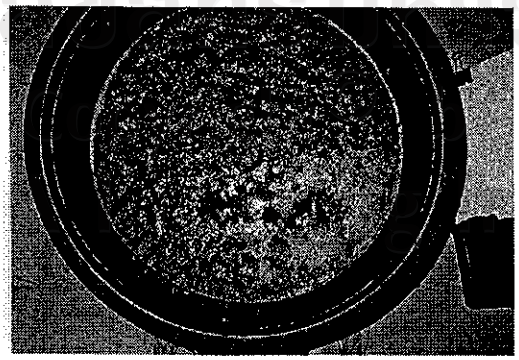
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 5.1 การลอกเมือกกาแฟด้วยวิธีหมักธรรมชาติ

รูปที่ 5.2 หมักกาแฟระยะเวลา 10 ชม.



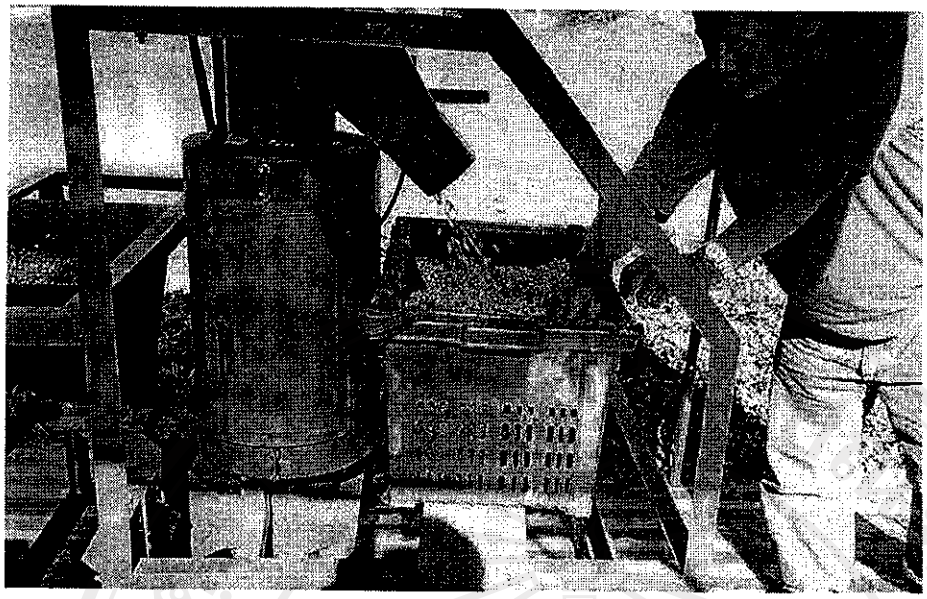
รูปที่ 5.3 หมักกาแฟระยะเวลา 20 ชม.



รูปที่ 5.4 หมักกาแฟระยะเวลา 30 ชม.

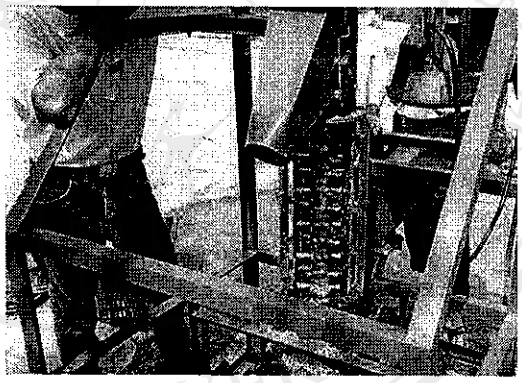
รูปที่ 5.5 ลอกเมือกกาแฟและล้างทำความสะอาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
University
ved

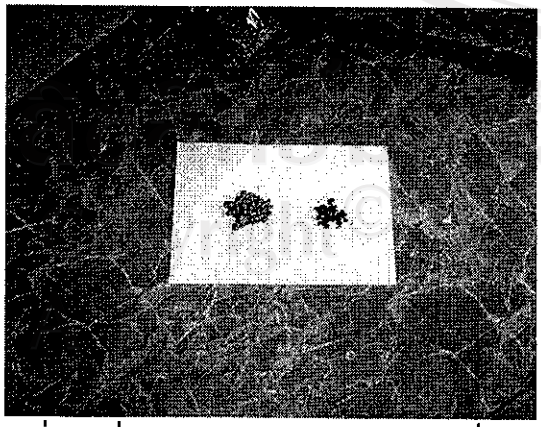


รูปที่ 5.6 การลอกเมือกกาแฟด้วยวิธีใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า

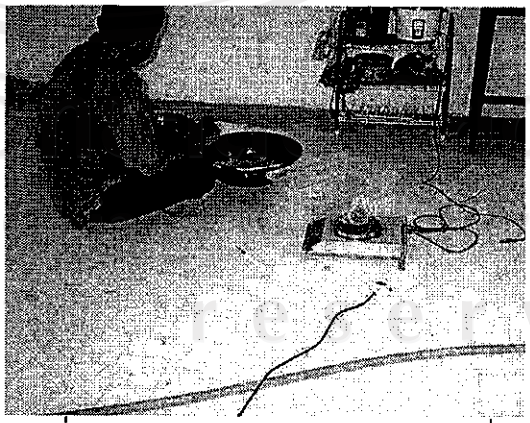
รูปที่ 5.7 เมือกกาแฟออกด้านข้างผนังห้องลอกเมือก



รูปที่ 5.8 ภายในห้องลอกเมือกกาแฟ



รูปที่ 5.9 สิ่งตกค้างปะปนกับเมล็ดกาแฟที่ได้



รูปที่ 5.10 วิเคราะห์คุณภาพเมล็ดกาแฟที่ได้จากทั้ง 2 วิธี

5.2.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพสารกาแฟด้วยวิธีการชิม (cup test) นำตัวอย่างสารกาแฟอาราบิก้าที่ได้จากการลอกเมือกกาแฟทั้งสองวิธีส่งให้ผู้เชี่ยวชาญจากบริษัทเนสเล่ (ประเทศไทย) จำกัด เพื่อทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพสารกาแฟด้วยวิธีการชิม (cup test) โดยเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้จากทั้งสองวิธีต้องนำมาผ่านขั้นตอนการผลิตอีกหลายขั้นตอน ขั้นตอนการผลิตต่างๆ ที่กล่าวถึงได้แก่ นำเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกแล้วมาลดความชื้นอาจใช้การตากลานหรือเครื่องอบกาแฟขึ้นอยู่กับความเหมาะสม การตากแห้งควรเทกาแฟบนตาข่ายให้มีความหนาประมาณ 3-4 นิ้ว การกระจายให้บางเกินไปจะทำให้กาแฟเกิดการแห้งอย่างรวดเร็วทำให้เปลือกแตกได้ง่าย เมล็ดกาแฟหดตัวและงอ ทำให้สีซีดลงได้ ถ้ากระจายหนาเกินไป กาแฟจะแห้งช้าและอาจเกิดกลิ่นจากการหมักทำให้เหม็นเปรี้ยวได้ การคนและพลิกกลับเมล็ดกาแฟอย่างน้อยชั่วโมงละ 1 ครั้ง จะช่วยให้กาแฟแห้งอย่างสม่ำเสมอ เมล็ดกาแฟที่แห้งเหมาะสมแล้ว เปลือกชั้นในหรือที่เรียกว่ากะลาจะแตกออกโดยง่ายเมื่อใช้มือบีบ หรือใช้เล็บจิกสารกาแฟข้างในจะแข็งเล็บจิกไม่เข้า เมล็ดกาแฟที่แห้งพร้อมทำการเก็บรักษาควรมีความชื้นประมาณ 12 % ถ้ามีความชื้นมากกว่า 15 % จะทำให้เกิดเชื้อราส่งผลเสียต่อคุณภาพของสารกาแฟ หลังจากลดความชื้นแล้วจะนำเมล็ดกาแฟมาทำการสีเปลือกชั้นในโดยใช้เครื่องสีกาแฟ เพื่อให้ได้สารกาแฟ ลักษณะของสารกาแฟที่ดี เมล็ดต้องสมบูรณ์ มีสีเขียวอมฟ้าและมีความชื้นประมาณ 11-12 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นนำสารกาแฟที่ได้มาทำการคั่วและบดให้เป็นผงจนได้สารกาแฟคั่วบดพร้อมทำการชงกาแฟด้วยน้ำร้อนเพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพ (กระบวนการผลิตสารกาแฟในขั้นตอนต่างๆ แสดงไว้ในภาคผนวก ง.) ผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่า คุณภาพของสารกาแฟที่ได้จากการลอกเมือกกาแฟทั้งสองวิธีและผ่านขั้นตอนอื่นๆภายใต้สภาพเงื่อนไขเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพสารกาแฟด้วยวิธีการชิม (cup test)

วิธีการลอกเมือกกาแฟ	ผลการวิเคราะห์
หมักธรรมชาติ	กาแฟให้กลิ่นและรสชาติที่ดี เป็นที่ยอมรับของโรงงาน
เครื่องลอกเมือกกาแฟ	กาแฟให้กลิ่นและรสชาติที่ดี เป็นที่ยอมรับของโรงงาน

5.2.4 ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้ง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากการลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าทั้งสองวิธี โดยวิธีหมักธรรมชาติ เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ใช้ในการหมักกาแฟในบ่อหมักเป็นระยะเวลา 30 ชั่วโมง และวิธีใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ออกจากเครื่องซึ่งมีเมือกกาแฟและเศษวัสดุต่างๆปะปนอยู่ หลังจากนั้นส่งตัวอย่างน้ำทิ้งที่ได้จากทั้งสองวิธีตัวอย่างละ 5 ลิตร ให้เจ้าหน้าที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แวดล้อมเพื่อทำการตรวจสอบ ผลการวิเคราะห์นำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เพื่อศึกษาถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อม ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าต่างๆ สรุปได้ว่า วิธีหมักธรรมชาติโดยใช้บ่อหมักมีค่า BOD,SS และTDS สูงกว่าวิธีใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า ซึ่งแสดงถึงน้ำทิ้งจากวิธีหมักธรรมชาติมีคุณภาพต่ำกว่าวิธีใช้เครื่อง แต่มีค่า pH ของน้ำทิ้งที่ต่ำกว่าแสดงถึงน้ำทิ้งมีความเป็นกรดที่มากกว่า และเมื่อนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง พบว่าคุณภาพน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตทั้งสองวิธีมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าต่างๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตทั้งสองวิธี

รายการ	BOD at 20^{0}C (mg/l)	SS (mg/l)	TDS (mg/l)	PH
วิธีหมักธรรมชาติ	6,382	1,925	3,290	3.6
วิธีใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟ	5,798	1,807	2,770	3.9
มาตรฐานน้ำทิ้ง	ต่ำกว่า 20	ต่ำกว่า 50	ต่ำกว่า 3,000	5.5-5.9

หมายเหตุ: วิธีการทดสอบค่าต่างๆ อ้างอิงจากรายงานผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งของกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ค่า pH : In – house Method: TP.WW.EN.01 Based on Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, AWWA,APHA,19th Ed.1995, EPA Method 9040 B

ค่า BOD : In – house Method: TP.WW.EN.04 Based on ISO 5815-1989

ค่า SS : In – house Method: TP.WW.EN.07 Based on Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, AWWA,APHA,19th Ed.1995

ค่า TDS : In – house Method: TP.WW.EN.08 Based on Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, AWWA,APHA,19th Ed.1995

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.2.5 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม นำข้อมูลจากผลการทดลองการลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าทั้งสองวิธีมาทำการวิเคราะห์ทางเศรษศาสตร์วิศวกรรม เพื่อหาค่าต่างๆได้แก่ ปริมาณการผลิตที่ได้ (ก.ก./ปี), ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิต (บาท/ปี), จุดคุ้มทุน (ก.ก./ปี), อัตราผลตอบแทนเงินลงทุน (%/ปี) และระยะเวลาคืนทุน (ปี) โดยมีข้อกำหนดประกอบการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีดังนี้

1. วิธีหมักธรรมชาติ

- ราคาบ่อหมักกาแฟขนาด 1.13 × 3.16 × 0.56 เมตร	15,000	บาท
- อายุการใช้งาน	10	ปี
- มูลค่าซาก	0	บาท
- อัตราดอกเบี้ย	1.75%	ต่อปี
- ค่าแรงคนงาน	150	บาท/คน
- ค่าน้ำ	10	บาท/ลบ.ม.
- ความสามารถในการผลิต	800	ก.ก./ครั้ง
- ความสามารถในการทำงาน	96	ครั้ง/ปี
- คิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง (Straight-Line Depreciation)		

2. วิธีใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟ

- ราคาเครื่องลอกเมือกกาแฟ	50,000	บาท
- อายุการใช้งาน	7	ปี
- มูลค่าซาก	0	บาท
- อัตราดอกเบี้ย	1.75%	ต่อปี
- ค่าแรงคนงาน	150	บาท/คน
- ค่าไฟฟ้า	3	บาท/หน่วย
- ค่าน้ำ	10	บาท/ลบ.ม.
- ค่าซ่อมบำรุง	5%	ของราคาเครื่อง
- ความสามารถในการทำงาน	468.11	ก.ก./ชม.
- ระยะเวลาในการทำงานวันละ 8 ชม.	120	วัน/ปี
- คิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง (Straight-Line Depreciation)		

รายละเอียดผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมของการลอกเมือกกาแฟทั้งสองวิธีแสดงไว้ในตารางที่ 5.7 และรายละเอียดการคำนวณค่าต่างๆแสดงไว้ในภาคผนวก ข.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของการลอกเมือกกาแฟทั้งสองวิธี

วิธี	ต้นทุนรวม (บาท/ปี)	ปริมาณการผลิต (ก.ก./ปี)	ต้นทุนค่าใช้จ่าย (บาท/ก.ก.)	จุดคุ้มทุน (ก.ก./ปี)	อัตราผลตอบแทน (%)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
หมักธรรมชาติ	31,498.77	76,800	0.41	58,311.11	16.02	6.3
เครื่องลอกเมือกกาแฟ	54,985.76	449,385.60	0.12	215,705.09	60.76	1.7

<u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

จากผลการทดลองการลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าทั้งสองวิธีพบว่า วิธีหมักธรรมชาติโดยใช้บ่อหมักซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้อยู่เดิม สามารถลอกเมือกกาแฟได้หมดและมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่แตกต่ำ แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือเกษตรกรผู้ปฏิบัติงานต้องมีประสบการณ์ในการทำงาน การย่อยสลายของเมือกกาแฟและคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก หากใช้เวลาในการหมักน้อยเกินไป เมือกกาแฟที่หุ้มรอบเมล็ดจะยังไม่ย่อยสลายเต็มที่ เมื่อทำการขัดล้างเมล็ดกาแฟ เมือกจะลอกออกจากเมล็ดกาแฟไม่หมด ถ้านำไปลดความชื้นจะเกิดกลิ่นจากการหมักอันเนื่องมาจากเมือกกาแฟที่เหลือติดอยู่ซึ่งมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ สาเหตุเนื่องจากเมล็ดกาแฟมีคุณสมบัติในการดูดซึมกลิ่นต่างๆจากภายนอกได้ดี ส่งผลให้คุณภาพของสารกาแฟที่ได้มีคุณภาพต่ำลง การหมักกาแฟที่นานเกินไปจะส่งผลเสียเช่นกัน เมือกกาแฟที่หุ้มรอบเมล็ดซึ่งถูกย่อยสลายและละลายกับน้ำที่ใช้ในการหมักเป็นเวลานาน จะทำให้น้ำมีคุณภาพต่ำลงและเกิดกลิ่นเหม็น กลิ่นเหม็นที่เกิดขึ้นจะถูกดูดซึมเข้าไปในเนื้อเมล็ดกาแฟ เมล็ดกาแฟที่ได้จะมีคุณภาพไม่ดีเช่นกัน อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก การย่อยสลายของเมือกกาแฟจะเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงขึ้น ดังนั้นวิธีหมักธรรมชาติจึงจำเป็นต้องมีความละเอียดในการปฏิบัติงานเพื่อให้ได้สารกาแฟที่มีคุณภาพ สำหรับวิธีการใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า จากผลการทดลองพบว่าสามารถลดต้นทุนการผลิต ระยะเวลาและขั้นตอนในการปฏิบัติงาน ทำให้มีความสามารถในการผลิตมากขึ้น เมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้มีความสะอาด (จากผลการทดลองมีค่าเปอร์เซ็นต์เศษตกค้างปะปนต่ำ) สามารถนำไปลดความชื้นได้โดยไม่ต้องทำความสะอาดอีกครั้ง นอกจากนั้นเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้จะมีค่าเปอร์เซนต์ความชื้นน้อยกว่าวิธีหมักธรรมชาติ ทำให้กระบวนการลดความชื้นทำได้เร็วขึ้น ช่วยในการลดต้นทุนการผลิตได้อีกแนวทางหนึ่ง เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้พบว่าเครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าสามารถลอกเมือกกาแฟได้หมด ไม่มีเมือกติดอยู่ที่เมล็ดและมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้หมดสูง อย่างไรก็ตาม เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าที่พัฒนาขึ้นยังไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีเมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกไม่หมดเหลืออยู่เล็กน้อย มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้หมดน้อยกว่าวิธีหมักธรรมชาติ 1.8% และมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่แตกหักสูงกว่าวิธีหมักธรรมชาติ 4% ซึ่งจำเป็นต้องแก้ไขปรับปรุงเครื่องต่อไป

จากผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมสรุปได้ว่า การใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าในการปฏิบัติงานจะมีต้นทุนค่าใช้จ่ายต่ำกว่าวิธีหมักธรรมชาติ 0.29 บาท/ก.ก. ให้อัตราผลตอบแทนสูงกว่า 44.74 % และมีระยะเวลาคืนทุนเร็วกว่า 4.6 ปี ซึ่งจากผลการทดลองและผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมที่ได้ ทำให้พิจารณาได้ว่าการใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้ามีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ปฏิบัติงานแทนวิธีการหมักธรรมชาติในบ่อหมัก

ปัญหาของการลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าทั้งสองวิธีที่พบคือน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่ามีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานทั้งสองวิธี จึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการจัดการกับน้ำทิ้งเหล่านี้ก่อนปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อลดปัญหามลภาวะเป็นพิษที่จะเกิดขึ้น การนำน้ำทิ้งมาใช้ใหม่หรือขบวนการรีไซเคิลน้ำ เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นและช่วยลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลงได้ น้ำทิ้งจากวิธีการหมักธรรมชาติ จากการทดลองพบว่าไม่สามารถนำมาใช้ใหม่ได้อีก เนื่องจากน้ำมีคุณภาพต่ำและเกิดกลิ่นเหม็น หากนำมาทำการหมักเมล็ดกาแฟอีกครั้งจะทำให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพของสารกาแฟ ดังนั้นจึงควรหาแนวทางในการบำบัดน้ำทิ้งจากการลอกเมือกกาแฟด้วยวิธีนี้ก่อนปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม สำหรับการใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าน้ำทิ้งจากการผลิตยังมีคุณภาพดีอยู่ สามารถนำมากรองเศษเมือกกาแฟและสิ่งเจือปนออกแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เนื่องจากวิธีนี้จะใช้น้ำในการหล่อลื่นเมล็ดกาแฟที่เคลื่อนที่และพาเศษเมือกกาแฟและสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดเท่านั้น น้ำเสียที่ผ่านการใช้งานหลายครั้งและไม่สามารถใช้ได้อีกควรหาแนวทางในการบำบัดก่อนปล่อยทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อมเช่นเดียวกัน นอกจากนั้นเศษเมือกกาแฟและสิ่งเจือปนที่กรองได้ควรมีการศึกษาและวิจัยเพิ่มเติม เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปตามเอกสารงานวิจัยในบทที่ 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved