รายงานชุดโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับพืชสวนอุตสาหกรรม (กาแฟและชา)

Research and Development of Agricultural Machinery for Industrial Horticulture (Coffee and Tea)

นายสนอง อมฤกษ์

Mr. Sanong Amaroek

ปี พ.ศ. 2564

กรมวิชาการเกษตร

รายงานชุดโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับพืชสวนอุตสาหกรรม (กาแฟและชา)

Research and Development of Agricultural Machinery for Industrial Horticulture (Coffee and Tea

นายสนอง อมฤกษ์

Mr. Sanong Amaroek

ปี พ.ศ. 2564

กรมวิชาการเกษตร

คำปรารภ

รายงานโครงการวิจัยเรื่อง “วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับพืชสวนอุตสาหกรรม (กาแฟและชา)” คณะผู้จัดทำผลงานวิจัยเริ่มดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2562 ถึง กันยายน 2564 เป็นเวลา 2 ปี วัตถุประสงค์ของ เพื่อวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องจักรกลสำหรับกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลสดกาแฟและชาให้มีประสิทธิภาพ ราคาถูก สามารถผลิตเมล็ดกาแฟและชาที่มีคุณภาพ และเหมาะสมกับระดับเกษตรกร และเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้กับกลุ่มเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้อง ประโยชน์ที่จะได้รับการแปรรูปต้นแบบเครื่องจักรกลแปรรูปกาแฟและชา ประกอบด้วยเครื่องเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด เครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ และชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟ

รายงานนี้มีจำนวน 4 บท คือ บทที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟอะราบิกาสำหรับเกษตรกร บทที่ 2 วิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งกาแฟกะลาอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเกษตรกร แบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในอัตโนมัติ บทที่ 3 วิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อนร่วมกับสุญญากาศ และบทที่ 4 วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะมีประโยชน์แก่นักวิจัย นักวิชาการเกษตร ตลอดจนเกษตรกร และผู้สนใจที่จะได้ศึกษาและนำเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป และเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้กับเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟและชา

นายสนอง อมฤกษ์
หัวหน้าชุดโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตร
สำหรับพืชสวนอุตสาหกรรม (กาแฟและชา)

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ..... 5

ผู้วิจัย 6

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ 7

บทนำ..... 8

บทคัดย่อ..... 12

บทที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟอะราบิกา สำหรับเกษตรกร 15

บทที่ 2 วิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งกาแฟกะลาอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเกษตรกร แบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในอัตโนมัติ 30

บทที่ 3 วิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อนร่วมกับสุญญากาศ 39

บทที่ 4 วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ 53

บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 66

บรรณานุกรม..... 67

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ และขอขอบเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น กลุ่มซ่อมบำรุงรักษษ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่ช่วยในการสร้างต้นแบบ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยหลวงเกษตรเชียงใหม่ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบต้นแบบ รวมทั้งเก็บข้อมูลในการทดสอบ รวมทั้งทำการเก็บข้อมูลการทดสอบจนแล้วเสร็จ นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมที่ปรึกษาด้านวิชาการทั้งของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมและสถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร ที่ช่วยให้คำแนะนำปรึกษาการออกแบบพัฒนาเครื่องมือและปรับปรุงเครื่องต้นแบบ จนสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

สนอง อมฤกษ์
Sanong Amaroek

สราวุฒิ ปานทน
Sarawuth Parnthon

จิรวัสส์ เจียตระกูล
Jirawat Chiatrakul

สรวิศ จันทร์เจนจบ
Sorawit Junjenjob

ขนิษฐ์ หว่านณรงค์
Khanit Wannaronk

อาธร พรบุญ
Arton Ponboon

สถิตย์พงศ์ รัตนคำ
Satitpong Rattanakam

สมพล นิลเวศน์
Sompol Nillavesana

ปรีชา อานันท์รัตนกุล
Preecha Anantatanakul

เกรียงศักดิ์ นักผูก
Kiangsak Nukpook

อนุชิต ฉ่ำสิงห์
Anuchit Chamsing

นิติ ผูกจิต
Niti Pookjit

โกเมศ สัตยาวุธ
Komate Satayawut

สุภาพร ชุมพงษ์
Supaporn Chumpong

อภิวัฒน์ ปัญญาวงค์
Apiwat Panyawong

พงษ์รวี นามวงศ์
Pongrawee Namwong

มานพ รักญาติ
Manop Rakyart

ปริญญวัฒน์ อยู่ทองอินทร์
Parinyawat Yoothongin

เวียง อากรชี
Weang Arekornchee

ฉัตรนภา ข่มอาวุธ
Chatnapa Komarvut

อุทัย ธานี
Uthai Thanee

อนันต์ ปัญญาเพิ่ม
Anun Punyaperm

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

1 สัญลักษณ์และคำย่อวิศวกรรม

cm = เซนติเมตร

cm/s = เซนติเมตรต่อวินาที

g = กรัม

mm. = มิลลิเมตร

กก/ชม. = กิโลกรัมต่อชั่วโมง

% = เปอร์เซนต์

wb = wet basis

2 สัญลักษณ์และคำย่อเศรษศาสตร์

C = ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)

Fc = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท/ปี)

D = ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)

P = ราคาเครื่อง (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

N = อายุการใช้งานของเครื่อง (ปี)

I = ดอกเบี้ย (บาท/ปี)

r = อัตราดอกเบี้ย (คิดคงที่ 15 เปอร์เซ็นต์/ปี)

K = ค่าใช้จ่ายแปรผัน (บาท/กก.)

n = จำนวนที่ผลิต (กก.)

R = รายได้ (บาท)

p = ราคาของหน่วยสินค้า (บาท/กก.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

กาแฟที่ปลูกกันอยู่ในประเทศไทย มี 2 พันธุ์ หลักๆ คือ กาแฟพันธุ์อาราบิกา ปลูกทางภาคเหนือ และกาแฟพันธุ์โรบัสตา ปลูกทางภาคใต้ ปริมาณความต้องการใช้เมล็ดกาแฟสำหรับอุตสาหกรรมกาแฟผงสำเร็จรูป และกาแฟคั่วบดภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในปัจจุบันธุรกิจร้านกาแฟสด เติบโตและขยายตัวอย่างรวดเร็ว(เอกสารวิชาการกาแฟ กรมวิชาการเกษตร, 2547)ปัจจุบันประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกกาแฟ 253,054 ไร่ ผลผลิต 25,909 ตันต่อปี แต่ผลผลิตไม่เพียงพอต่อการบริโภคและแปรรูปในประเทศ จึงต้องพึ่งนำเข้าจากต่างประเทศปี 2560 มูลค่า 4,772 ล้านบาท (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2560)

การผลิตสารกาแฟสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. *วิธีแห้ง*(Dry Method or Natural Method) เป็นวิธีการทำสารกาแฟที่ง่าย มีขั้นตอนน้อย ประหยัดแรงงานและไม่ต้องการเครื่องมือที่ซับซ้อน โดยการนำผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้มาตากแดดประมาณ 15-20 วัน จนกาแฟแห้ง หลังจากนั้นจึงนำผลกาแฟเข้าเครื่องสีกะเทาะเมล็ด (huller) ก็จะได้สารกาแฟที่ต้องการ วิธีนี้มีข้อเสียคืออาจเกิดกลิ่นจากการหมักที่เกิดจากเมือกหุ้มรอบกะลา (mucilage) ใต้เปลือกกาแฟซึ่งมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ ทำให้รสชาติและกลิ่นของสารกาแฟที่ได้ผิดไปจากปกติ สารกาแฟที่ได้จึงมีคุณภาพต่ำและผลกาแฟตากแห้งไม่สามารถเก็บไว้ได้นานต้องรีบกะเทาะเปลือกทันทีก่อนที่จะเกิดจากการหมัก วิธีดังกล่าวนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ขาดน้ำ ปริมาณกาแฟมากและผู้ผลิตขาดความรู้ความชำนาญในการทำสารกาแฟโดยวิธีเปียก

2. *วิธีเปียก*(Wet Method or Parchment Method) เป็นวิธีที่นิยมในการผลิตสารกาแฟอาราบิก้า เพราะสามารถผลิตสารกาแฟที่มีกลิ่นและรสชาติดีกว่าวิธีแห้งแต่ต้องการแรงงานมากกว่า มีขั้นตอนมากกว่า และต้องมีน้ำในการทำความสะอาดอย่างพอเพียง เริ่มจากการเก็บกาแฟอะราบิกาที่สุกแดง หลังเก็บเกี่ยวเกษตรกรทำการคัดเลือกผลกาแฟโดยนำผลกาแฟมาลอยน้ำในบ่อ ตักแยกผลกาแฟที่ลอยน้ำออกไป ผลกาแฟที่ลอยน้ำส่วนใหญ่มีคุณภาพต่ำ ได้แก่ ผลที่ถูกมอดเจาะผลเมล็ดกาแฟเข้าทำลาย ผลฝ่อ และผลแห้งซึ่งเกิดจากเก็บเกี่ยวล่าช้า เป็นต้น และนำผลกาแฟสุกที่จมน้ำไปทำการลอกเปลือก ในกระบวนการลอยแยกผลกาแฟนี้เป็นขั้นตอนที่ใช้แรงงานมาก ปัจจุบันยังไม่มีเครื่องจักรที่เหมาะสมในระดับเกษตรกร ในต่างประเทศมีการผลิตและใช้เครื่องล้างทำความสะอาดผลเชอรี่ แต่ข้อมูลที่เผยแพร่เป็นไปในเชิงการค้าไม่มีการลงรายละเอียดถึงเทคโนโลยีในการออกแบบสร้างการนำเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟเชอรี่ เพื่อมาใช้ในการผลิตจะช่วยปรับปรุงและทำให้กาแฟมีคุณภาพดีขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการล้างและลอยแยกผลกาแฟสุกวิธีเกษตรกร

ปัจจุบันการตากแห้งกาแฟกะลาเกษตรกรยังไม่มีโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม ยังต้องตากบนพื้นดินหรือพื้นคอนกรีต ทำให้กาแฟบางส่วนไม่ได้คุณภาพและต้องใช้เวลาในการตากให้แห้งนาน และใช้พื้นที่ในการตากมากสำหรับลานตากกะลากาแฟของเกษตรกรโดยทั่วไปจะมีการใช้ลานตากกาแฟอยู่ 3 ประเภทได้แก่ลานดินลานปูนและลานไม้ไผ่สำหรับคุณสมบัติของลานตากกาแฟแต่ละประเภทก็จะมีผลต่อคุณภาพของกาแฟสารที่แตกต่างกันออกไป

และจากการลงพื้นที่ที่จังหวัดชุมพรเพื่อสำรวจข้อมูลเบื้องต้นจากกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตกาแฟโรบัสตา พบว่า ในขั้นตอนการทำแห้งจะใช้การตากแห้ง และมีการใช้โรงตากแห้งพลังงานแสง อาทิตย์ (ภาพที่ 1)ที่ได้รับการสนับสนุนจากกรมธุรกิจพลังงานทดแทนมาใช้ในการตากแห้งกาแฟ แต่ในช่วงที่ผลผลิตกาแฟออกพร้อมกันเป็นจำนวนมาก จะไม่สามารถตากแห้งกาแฟได้ทันเพราะการตากแห้งด้วยโรงตากก็ต้องใช้เวลาหลายวัน อีกทั้งภาคใต้ช่วงฤดูเก็บเกี่ยวผลกาแฟเป็นช่วงฤดูฝน หากในช่วงที่ตากแห้งกาแฟมีฝนตกโรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่สามารถลดความชื้นกาแฟได้ ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพและรสชาติของกาแฟ อาจทำให้ผลผลิตกาแฟในช่วงนั้นเสียหายไม่สามารถจำหน่ายได้ หรือแม้จำหน่ายได้แต่ก็ส่งผลกับราคาจำหน่ายที่ลดลงตามคุณภาพกาแฟ

กรมวิชาการเกษตร

ก) โรงตากแห้ง ข) การตากกาแฟในโรง

ภาพที่ 2 โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ในส่วนของชา ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกชาประมาณ 120,000 ไร่ จังหวัดเชียงรายเป็นแหล่งปลูกสำคัญอันดับหนึ่งของไทยสามารถผลิตชาได้ 80-90 % ของผลผลิตชาทั้งหมดภายในประเทศ มีการส่งออกมากที่สุดไปประเทศไต้หวัน 607,404 กิโลกรัม มีมูลค่าประมาณ 27 ล้านบาท และการส่งออกชาไทยคิดเป็น 0.002 % ของมูลค่าการส่งออกของชาโลก (กรมส่งเสริมอุสาหกรรม , 2552) แม้ว่าประเทศไทยมีการส่งออกชา แต่ก็มีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ชาจากต่างประเทศเป็นจำนวนมากทั้งที่มีการผลิตชาภายในประเทศเป็นจำนวนมาก เนื่องจากชาที่ผลิตได้ในประเทศยังมีคุณภาพไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันยังขาดขบวนการและเครื่องจักรกลในการแปรรูปที่เหมาะสมกับการผลิตชาแต่ละชนิด ในการแปรรูปต้องใช้พันธุ์ชาที่เหมาะสม เช่น ชาอัสสัมเหมาะสำหรับแปรรูปเป็นชาฝรั่ง ส่วนชาในกลุ่มชาจีนหรือชาญี่ปุ่นเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นชาใบ (ชาจีนและชาเขียว) แต่ส่วนใหญ่เกษตรกรจะผลิตชาต่างๆจากชาพันธุ์พื้นเมือง (ชาลูกผสมระหว่างชาอัสสัมและชาจีน) ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ชาที่ได้มีคุณภาพต่ำ ราคาประมาณ 70-80 บาท/กิโลกรัม ปัญหาที่สำคัญมากสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกชา คือ เครื่องจักรกลสำหรับใช้แปรรูปเป็นชาทุกชนิดมีราคาแพง และเป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศ ที่มีราคาสูงเกินกว่า เกษตรกรไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลนั้นได้ การที่จะทำให้เกิดการพัฒนาชาให้ดีได้ต้องมีเครื่องจักรกลที่ดีสำหรับใช้ในการแปรรูปชาแต่ละชนิดอย่างเหมาะสมด้วย จากรายงานการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตในจังหวัดเชียงราย พบว่าโรงงานผลิตชาหนึ่งโรงต้องใช้เงินทุนรวมทั้งสิ้นประมาณ 12.56 ล้านบาท เป็นค่าเครื่องจักรประมาณ 4.37 ล้านบาท (กรมส่งเสริมอุสาหกรรม , 2552) ทำให้ผู้ประกอบการรายย่อยไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลแปรรูปมาดำเนินการแปรรูปเองได้

ดั้งนั้น การวิจัยพัฒนาเครื่องแปรรูปชาต้นแบบหรือทดสอบพัฒนาเครื่องแปรรูปที่นำเข้ามาจากต่างประเทศให้เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศ และการวิจัยสร้างเครื่องต้นแบบให้มีราคาถูกลงสามารถผลิตเครื่องมือแปรรูปในประเทศได้ ทำให้ผู้ประกอบการรายย่อยสามารถซื้อเครื่องมือแปรรูปไปดำเนินการแปรรูปเองได้นับว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่ง สำหรับการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำนั้นเป็นกระบวนการผลิตที่นิยมกันในประเทศญี่ปุ่น กระบวนการผลิตนี้ มีการผลิตในประเทศไทยน้อยมาก เนื่องจากขาดเครื่องมือที่ต้องใช้ในการผลิต ในปัจจุบันได้มีเครื่องมือต้นแบบจากงานวิจัยของกรม

กรมวิชาการเกษตร

วิชาการเกษตรแล้วคือ เครื่องอบไอน้ำชาเขียว เครื่องนวดลดความชื้นชาเขียวด้วยลมร้อน และเครื่องอบแห้งชาเขียว (เกรียงศักดิ์และชวนชื่น 2554) ยังขาดเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ การวิจัยนี้จึงจะดำเนินการ วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ สำหรับกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ เพื่อให้ได้รูปลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวอบไอน้ำที่ดี ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาการแปรรูปชาและผลิตภัณฑ์ชาของประเทศไทย ให้มีคุณภาพสูงขึ้นทำให้สามารถส่งผลิตภัณฑ์ชาของไทยออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้นในอนาคต

กาแฟ การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวในขั้นตอนวิธีการลดความชื้นกาแฟจึงมีความจำเป็นมากเพื่อช่วยแก้ปัญหาเรื่องคุณภาพ ลดระยะเวลาในการตากแห้ง สำหรับประเทศไทยการนำเทคโนโลยีด้านเครื่องอบลดความชื้นกาแฟมาใช้ยังมีน้อยมากทั้งนี้อาจเป็นเรื่องของการลงทุนที่สูงหรือขาดความรู้และการยอมรับของผู้ประกอบการชาวสวนกาแฟเอง เครื่องอบลดความชื้นกาแฟแบบโรตารีเป็นเทคโนโลยีที่นิยมใช้กันมากในประเทศผู้ผลิตกาแฟชั้นนำเช่น บราซิล แต่มูลค่าการนำเข้าค่อนข้างสูงและยังไม่มีการผลิตภายในประเทศ ในประเทศไทยมีงานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องอบลดความชื้นกาแฟอยู่พอสมควร แต่ก็ยังมีจุดบกพร่องหลายส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไข เช่นเรื่องของประสิทธิภาพการใช้ความร้อนอบแห้งต่ำ เนื่องจากการยุบตัวลงอย่างมากของกาแฟเมื่อถูกลดความชื้น การกระจายลมร้อนไม่สม่ำเสมอในการอบแห้งเกิดปัญหาความชื้นแตกต่างกันมากทำให้จัดการเก็บรักษายาก ปัญหาการใช้อุณหภูมิลมร้อนที่ไม่เหมาะสมต่อการอบเมล็ดกาแฟในช่วงที่ความชื้นลดลง ทำให้อุณหภูมิเมล็ดกาแฟเพิ่มขึ้นจนทำให้คุณภาพของสารกาแฟลดลง เป็นต้น จากปัญหาที่กล่าวมาการศึกษาและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟจึงเป็นเรื่องจำเป็นมาก ผู้วิจัยจึงได้เสนอโครงการวิจัยเกี่ยวกับการลดความชื้นกาแฟที่มีประสิทธิภาพ สามารถใช้งานได้จริงและราคาไม่แพงมากนัก และการนำระบบสุญญากาศมาใช้เพื่อช่วยให้การลดความชื้นกาแฟช่วงที่ใกล้ต่อการเก็บรักษานั้น (ความชื้นในการเก็บรักษาประมาณ 12 % มาตรฐานเปียก)ต้องการรักษาคุณภาพ กลิ่น และรสชาติเป็นสำคัญ

กาแฟไทยได้รับการยอมรับในด้านคุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ แต่ต้นทุนการผลิตของไทยอยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับคู่แข่ง ทำให้แข่งขันกับประเทศคู่แข่งไม่ได้ในเรื่องของราคาสารกาแฟ หรือเมล็ดกาแฟ เนื่องจากค่าแรงของไทยสูงกว่าประเทศเพื่อนบ้าน อีกทั้งยังประสบปัญหาขาดแคลนแรงงาน การนำเครื่องจักรกลและเทคโนโลยีที่เหมาะสมเข้ามาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการผลิตและแปรรูปกาแฟเป็นทางหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนได้

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

แผนงานวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตรสำหรับพืชสวนอุตสาหกรรมเกษตรกร(กาแฟและชา) มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องจักรกลสำหรับกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปและชาให้มีประสิทธิภาพ ราคาถูกสามารถผลิตเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพและเหมาะสมกับเกษตรกร ประกอบด้วย 4 โครงการ ได้แก่ 1).**วิจัยและพัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟอะราบิกาสำหรับเกษตรกร** เพื่อใช้ทดแทนแรงงานในขั้นตอนการแยกผลกาแฟอะราบิกาด้อยคุณภาพโดยวิธีลอยน้ำ ต้นแบบประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนชุดตะแกรงโยกทำความสะอาด ใช้ทำความสะอาดผลกาแฟเบื้องต้นโดยใช้คัดแยกเศษวัสดุขนาดเล็กด้วยตะแกรงรูยาวขนาด 8x20 มิลลิเมตร และเศษวัสดุขนาดใหญ่กว่าผลกาแฟ ด้วยตะแกรงตะแกรงรูกลมขนาด 22 มิลลิเมตร มีอัตราการทำงานฉลี่ย 2.064.29 กิโลกรัมผลกาแฟสดต่อชั่วโมง และส่วนที่สองคือ ชุดคัดแยกผลกาแฟเสียโดยใช้ความถ่วงจำเพาะด้วยการลอยน้ำ ประกอบด้วยถังน้ำขนาดความจุ 0.9 ลูกบาศก์เมตร รางลอยน้ำ และปั๊มน้ำขนาด 350 ลิตรต่อชั่วโมง โดยผลกาแฟไหลไปตามรางน้ำกว้าง 20 เซนติเมตรผลกาแฟด้อยคุณภาพจะลอยอยู่ผิวน้ำและไหลออกไปทางท้ายราง ผลกาแฟจมน้ำจะไหลผ่านท่อรูปตัวยูใต้น้ำไปออกทางรางผลกาแฟจมขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร จากการทดสอบพบว่าความสูงของแผ่นกั้นน้ำที่ 7 เซนติเมตรและระดับน้ำไม่ต่ำกว่า 10 เซนติเมตร ให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด สามารถคัดแยกผลเสียลอยน้ำได้ 96.60 เปอร์เซนต์ มีความสูญเสีย 1.93 เปอร์เซนต์ 2).**วิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งกาแฟกะลาอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเกษตรกร แบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในอัตโนมัติ** ขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สั่งงานระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็น ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหล 700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงจะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนและความชื้นออกจากโรงตาก ภายในโรงตากบรรจุชั้นตากกาแฟ 8 ชั้น สามารถตากกาแฟได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 1.5 ตัน ทดสอบในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม สุ่มกะลากาแฟสดครั้งละ 2.5 กิโลกรัม มาลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ มีอุณหภูมิตลอดการทดลองสูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน กะลากาแฟมีความชื้นเริ่มต้น 55 %wb ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้าย 12 %wb อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้ง มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอ ไม่ต่างจากการผึ่งลมในปัจจุบัน ซึ่งใช้เวลานานกว่าถึงสามเท่า 3) **วิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อนร่วมกับสุญญากาศ.** ประกอบด้วยถังอบทรงกระบอกวางแนวนอนเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร ขนาดบรรจุประมาณ 500 กิโลกรัม ชุดให้ความร้อน และตู้คอนโทรลที่มีสามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบ สามารถตั้งค่าอุณหภูมิการอบได้ได้ตามที่ต้องการ และควบคุมการหมุนของถังอบเพื่อช่วยในการคลุกเคล้าและกลับเมล็ดกาแฟให้ได้รับความร้อนที่สม่ำเสมอ จากการทดสอบอบลดความชื้นกาแฟ

กรมวิชาการเกษตร

โรบัสตา ผลเชอรี่ พบว่า เมื่อความชื้นลดลงจะมีการยุบตัวของเมล็ดกาแฟ ทำให้เมล็ดกาแฟยุบจนมีระดับต่ำกว่าท่อลมออกที่วางตัวในแนวแกนกลางถังอบ ต้องนำเมล็ดกาแฟชุดแรกออกมาพักตัว แล้วทำการอบเมล็ดกาแฟชุดที่ 2 ต่อไป โดยสามารถอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 57.66%wb ให้เหลือประมาณ 36.57%wb ได้ในเวลา 8-12 ชั่วโมง และใช้แก๊สหุงต้มในการให้ความร้อนอบลดความชื้น 0.4-0.6 กิโลกรัม/ชั่วโมง 4).**วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ** มีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ 1.โครงสร้างฐาน 2. ถังรีด 3.ชุดเพลาลูกรีด และ 4.ชุดต้นกำลังกับระบบส่งกำลัง ได้ดำเนินการทดสอบและพัฒนาหาความเร็วรอบของลูกเบี้ยว ความสามารถในการทำงานของเครื่องรีดขึ้นรูปเขียวอบไอน้ำ ความชื้นที่เหมาะสม และการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องจักรในการแปรรูปชาเขียว พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมของลูกเบี้ยว 25 รอบ/นาที ส่งกำลังให้แขนโยกต่อไปยังแขนเหวี่ยงและชุดเพลาลูกรีดทำให้ลูกรีดเหวี่ยงไป-กลับจำนวน 25 ครั้ง/นาที สามารถใช้ขึ้นรูปชาครั้งละ 2 กก ความชื้นของชาที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 27.89-30.35% ใช้เวลารีดขึ้นรูป 30 นาที จากนั้นทำการอบแห้งหลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 11.82% มีลักษณะทางกายภาพของชาเขียวอบไอน้ำเป็นเส้นเล็กๆงอมีสีเขียวอ่อนผสมอยู่กับส่วนที่เป็นผงด้วย สีน้ำชาเขียวอมเหลือง มีรสฝาดชุ่มคอตามด้วยรสหวานอ่อนๆ และคิดเครื่องราคา 85,000 บาท มีจุดคุ้มทุนในการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ 873 กก ต้องใช้ระยะเวลาการคืนทุน 2.91 ปี

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 1

วิจัยและพัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟอะราบิกาสำหรับเกษตรกร

Research and Development of Arabica Coffee Cherry Washer Machine for Farmer

ปรีชา อานันท์รัตนกุล
Preecha Anantatanakul

มานพ รักญาติ
Manop Rakyart

จิรวัสส์ เจียตระกูล
Jirawat Chiatrakul

สนอง อมฤกษ์
Sanong Amaroek

พงษ์รวี นามวงค์
Pongrawee Namwong

อนุชิต ฉ่ำสิงห์
Anuchit Chamsing

ฉัตรนภา ข่มอาวุธ
Chatnapa Komarvut

นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล
Nitat Tungpinitgul

คำสำคัญ : ผลสุกกาแฟอะราบิกา, เครื่องล้างผลกาแฟอะราบิกา

Key words : Arabica Coffee Cherry, Arabica Coffee Washer

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟอะราบิกา เพื่อใช้ทดแทนแรงงานในขั้นตอนการแยกผลกาแฟอะราบิกาด้อยคุณภาพโดยวิธีลอยน้ำ ต้นแบบประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนชุดตะแกรงโยกทำความสะอาด ใช้ทำความสะอาดผลกาแฟเบื้องต้นโดยใช้คัดแยกเศษวัสดุขนาดเล็กด้วยตะแกรงรูยาวขนาด 8 x 20 มิลลิเมตร และเศษวัสดุขนาดใหญ่กว่าผลกาแฟ ด้วยตะแกรงตะแกรงรูกลมขนาด 22 มิลลิเมตร มีอัตราการทำงานฉลี่ย 2,064.29 กิโลกรัมผลกาแฟสดต่อชั่วโมง และส่วนที่สองคือ ชุดคัดแยกผลกาแฟเสียโดยใช้ความถ่วงจำเพาะด้วยการลอยน้ำ ประกอบด้วยถังน้ำขนาดความจุ 0.9 ลูกบาศก์เมตร รางลอยน้ำ และปั๊มน้ำขนาด 350 ลิตรต่อชั่วโมง โดยผลกาแฟไหลไปตามรางน้ำกว้าง 200 มิลลิเมตร ผลกาแฟด้อยคุณภาพจะลอยอยู่ผิวน้ำและไหลออกไปทางท้ายราง ผลกาแฟจมน้ำจะไหลผ่านท่อรูปตัวยูใต้น้ำไปออกทางรางผลกาแฟจมขนาดกว้าง 150 มิลลิเมตร จากการทดสอบพบว่าความสูงของแผ่นกั้นน้ำที่ 70 มิลลิเมตร และระดับน้ำไม่ต่ำกว่า 100 มิลลิเมตร ให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด สามารถคัดแยกผลเสียลอยน้ำได้ 96.60 เปอร์เซนต์ มีความสูญเสีย 1.93 เปอร์เซนต์

Abstracts

This research project aims to research a machine for cleaning and separating poor quality Arabica coffee. It aims to replace labor in the process of separating poor quality Arabica coffee by floating method. The prototype consists of 2 parts: The first part is the cleaning rocker set used for preliminary cleaning by separating small crumbs with 8x20 mm. slot hole perforated sieve and the scraps larger than coffee was separated by 22 mm round hole perforated sieve. This part has an average working rate of 2,064.29 kg of cherry coffee per hour. The second part is the floater-sinker coffee separator. It consists of a 0.9 cubic meter water tank, floating trough and 350 liters per hour of water pump. The coffee fruit flows along a 200-millimeter wide trough, the poor quality coffee will float on the surface and flow out through the trough. The submerged coffee fruit flows through a underwater U-shaped tube and exits through a 150 -millimeter-wide sink coffee trough. From the test, it was found that the height of the water baffle at 70 millimeter and the water level was not less than 10 centimeters gave the best result. The Machine able to separate 96.60 percent of the poor-quality coffee, with a loss of 1.93 %.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ปลูกกาแฟและผลิตกาแฟที่สำคัญประเทศหนึ่งของโลก ปัจจุบันมีเนื้อที่ปลูกกาแฟ 253,054 ไร่ ผลผลิต 25,909 ตันต่อปี แต่ผลผลิตไม่เพียงพอต่อการบริโภคและแปรรูปในประเทศ จึงต้องพึ่งนำเข้าจากต่างประเทศ ปี 2560 นำเข้ากาแฟมูลค่า 4,772 ล้านบาท (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) สาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกาแฟจำกัดและขาดเครื่องจักรกลที่ทันสมัยในการผลิต

กาแฟอะราบิกา เป็นพืชสวนอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจโลก ซึ่งมีประเทศมากกว่า 50 ประเทศ ปลูกกาแฟอะราบิกา เป็นสินค้าส่งออก หรือประมาณ 70-75 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตกาแฟโลก เนื่องจากเป็นกาแฟที่มีรสชาติดี (Flavour) และมีกลิ่น (Aroma) หอมชวนดื่ม เจริญเติบโตได้ดีในสภาพพื้นที่บนที่สูง และมีอากาศหนาวเย็นส่วนประเทศไทยปลูกมากในพื้นที่ทางภาคเหนือ

กระบวนการผลิตกาแฟอะราบิกานั้น ใช้กระบวนการผลิตแบบเปียก(Wet Process) เนื่องจากต้องการรักษา รสชาติและกลิ่นหอมของกาแฟ จึงต้องเน้น ความสะอาด และคุณภาพของผลสดกาแฟอะราบิกาโดยเก็บเฉพาะผลกาแฟอะราบิกาที่สุกแดง หลังเก็บเกี่ยวเกษตรกรต้องทำการล้างสิ่งสกปรก เศษสิ่งเจือปนต่างๆ อาทิเช่นใบกาแฟ กิ่งกาแฟ และคัดเลือกผลกาแฟที่สมบูรณ์ โดยวิธีนำผลกาแฟมาลอยน้ำในบ่อน้ำ โดยเกษตรกร เทผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวลงในบ่อน้ำ ทำการกวน คน ให้ผลกาแฟที่เสียลอยขึ้นสู่ผิวน้ำแล้ว ทำการตักแยกผลกาแฟที่ลอยน้ำออกไป ผลกาแฟที่ลอยน้ำส่วนใหญ่มีคุณภาพต่ำ ได้แก่ ผลที่ถูกมอดเจาะเข้าทำลายเมล็ดกาแฟ ผลฝ่อ และผลแห้งซึ่งเกิดจากเก็บเกี่ยวล่าช้า เป็นต้น ส่วนผลกาแฟที่จมน้ำส่วนใหญ่เป็นผลสุกมีคุณภาพดี ทำการปล่อยน้ำทิ้ง แล้วจึงตักนำผลกาแฟที่จมน้ำขึ้นจากบ่อไปทำการสีลอกเปลือกสด

กระบวนการลอยแยกผลนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญส่งผลต่อคุณภาพกาแฟกะลา และเป็นขั้นตอนที่ใช้แรงงานมาก หากไม่ทำการล้างสิ่งสกปรก และลอยแยกผลกาแฟที่คุณภาพต่ำออก ทำให้กาแฟกะลาที่ผลิตได้มีคุณภาพต่ำ มีเมล็ดดำ เมล็ดแตก หรือสิ่งเจือปนอื่นๆปะปนมากเกินมาตรฐาน ทำให้เกษตรกรต้องเสียเวลาและแรงงานในการคัดแยกอีกครั้งหลังจากทำแห้งแล้ว หากไม่ทำการคัดแยกสิ่งเจือปนและกาแฟกะลาคุณภาพต่ำออก ส่งผลให้ถูกตัดราคาจำหน่าย ในระดับเกษตรกรยังไม่มีเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการนี้โดยเฉพาะ ในต่างประเทศมีการผลิตและใช้เครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟสุก แต่ข้อมูลที่เผยแพร่เป็นไปในเชิงการค้าไม่มีการลงรายละเอียดถึงเทคโนโลยีในการออกแบบสร้าง การนำเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟสุก มาใช้ในกระบวนการผลิตจะช่วยลดแรงงานในกระบวนการแปรรูปกาแฟกะลา และสามารถต่อยอดเป็นโรงงานแปรรูประดับชุมชน เพิ่มปริมาณการแปรรูปกาแฟของประเทศให้มากยิ่งขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย

1.ศึกษาข้อมูลวิธีการล้างทำความสะอาดโดยวิธีของเกษตรกรที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และ ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลกาแฟสุก เพื่อใช้ในการออกแบบสร้างต้นแบบ ได้แก่ ขนาดผลกาแฟ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผลกาแฟ ความยาวของผลกาแฟ น้ำหนักของผลกาแฟ สัดส่วนน้ำหนักต่อปริมาตร สัดส่วนสิ่งเจือปน สัดส่วนผลกาแฟจมและผลกาแฟที่ลอย ฯลฯ

2 .ออกแบบ สร้างและทดสอบต้นแบบเครื่องล้างผลกาแฟอาราบิกา ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 ชุดทำความสะอาดเบื้องต้น ชุดตะแกรงโยกทำความสะอาดกิ่งไม้ใบไม้ที่ติดมากับผลกาแฟโดยใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังในการทำงานการคัดแยก โดยพิจารณาเบื้องต้น สร้างตะแกรงรูกลม 2 ชั้น ที่มีขนาดแตกต่างกัน ขนาดตะแกรงพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพของผลกาแฟ ชั้นที่ 1 ใช้ตะแกรงรูกลมใหญ่กว่าผลกาแฟ เพื่อใช้แยกใบไม้กิ่งไม้และเศษวัสดุที่ไม่ใช่รูปร่างกลม ผลกาแฟที่มีรูปร่างกลมและเล็กกว่ารูตะแกรงจะร่วงหล่นลงชั้นที่ 2 ชั้นที่ 2 ประกอบไปด้วยตะแรงรูกลมเล็กกว่าผลกาแฟ เพื่อใช้แยกวัสดุขนาดเล็กเช่น เศษดิน เศษไม้ ออกจากผลกาแฟที่เก็บเกี่ยว

ปัจจัยที่ศึกษา ความสามารถในการทำความสะอาด พื้นที่ตะแกรง ขนาดรูตะแกรง และความเร็วรอบและช่วงชักของตะแกรงที่เหมาะสม

ค่าชี้ผลคือ ประสิทธิภาพความสะอาด และอัตราสูญเสียผลกาแฟที่สูญเสียไปที่ช่องทางออกของเศษวัสดุ พลังงานที่ใช้

ส่วนที่ 2 เป็นชุดคัดแยกผลกาแฟเสีย โดยใช้ความถ่วงจำเพาะเป็นเกณฑ์ ดำเนินการสร้างต้นแบบรางลอยแยกผลกาแฟเสียและผลการแฟดี โดยลอยออกจากกัน ผลกาแฟเสียจะลอยออกทางช่องทางท้ายรางด้วยวิธีการบังคับทิศทางของกระแสน้ำ ส่วนผลที่จมจะถูกลำเลียงออกด้วยสกรูลำเลียงใช้ในการลำเลียงผลกาแฟสะอาดสู่ เครื่องคัดผลอ่อน หรือสีเปลือกสดต่อไป โดยการทำงานต้องอาศัยปั๊มน้ำในการทำงาน

ปัจจัยที่ศึกษาคือ ความเร็วของกระแสน้ำที่ใช้ลอยแยกผลกาแฟ และระยะทางที่มีผลต่อการแยกของผลกาแฟเสียและผลกาแฟดี

ค่าชี้ผลคือ สัดส่วนของกาแฟที่สมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ในช่องทางออกของผลลอยและที่ปลายสกรูลำเลียง

3. ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบ เพื่อให้เครื่องใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ทดสอบเครื่องต้นแบบในการใช้งานในพื้นที่ปลูกกาแฟเก็บข้อมูล ความสามารถในการทำงาน และประสิทธิภาพ การทำงานของเครื่อง เปรียบเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกร และวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

5.วิเคราะห์ผลการทดสอบ สรุปผล และจัดทำรายงาน

กองวิชาการและแผนงาน

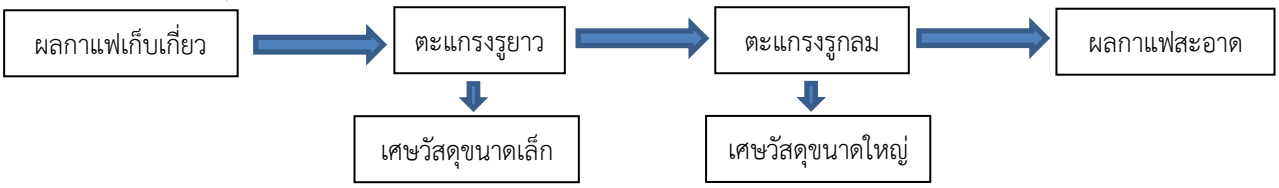
ผลการทดลองและอภิปราย

ได้ดำเนินการศึกษาข้อมูลและตรวจเอกสาร ทำการออกแบบ สร้างต้นแบบเครื่องล้างผลกาแฟอะราบิกา ต้นแบบประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ชุดตะแกรงโยกทำความสะอาดใช้คัดแยกกิ่งไม้ ใบไม้ เศษวัสดุ ที่ติดมากับผลกาแฟ และ ส่วนที่ 2 ชุดทำความสะอาดและคัดแยกผลกาแฟด้อยคุณภาพโดยใช้ความถ่วงจำเพาะด้วยการลอยน้ำ

ปี 2564 ได้ดำเนินการทดสอบต้นแบบเครื่อล้างผลกาแฟอะราบิกา ที่ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวง (ขุนวาง) โดยดำเนินการทดสอบส่วนของตะแกรงโยกทำความสะอาดขั้นต้นและส่วนของชุดทำความสะอาดและคัดแยกผลกาแฟด้อยคุณภาพโดยใช้ความถ่วงจำเพาะด้วยการลอยน้ำ

ภาพที่ 1.1 แสดงตะแกรงโยกทำความสะอาดขั้นต้น

<u>ส่วนที่ 1</u> ชุดตะแกรงโยกทำความสะอาด ใช้สำหรับทำความสะอาดเบื้องต้นกับผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวมา โดยทำหน้าที่ คัดแยกเศษวัสดุได้แก่ เศษวัสดุขนาดเล็ก ใบไม้ กิ่งไม้ ออกจากผลกาแฟ มีลำดับการทำงานดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของตะแกรงโยก

ในการทำความสะอาดเบื้องต้น ใช้ตะแกรง 2 ชนิด ได้แก่

กรมวิชาการเกษตร

1.ตะแกรงแบบรูยาว ใช้สำหรับคัดแยกเศษวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าผลกาแฟ จากการหาข้อมูลพื้นฐานพบว่า ผลกาแฟมีขนาดเฉลี่ย ด้านกว้าง 12-14 มิลลิเมตร และยาว 15 มิลลิเมตร จึงทดสอบด้วยตะแกรงรูยาว 6x2, 8x20 มิลลิเมตร และ ตะแกรงแบบรูกลม ขนาด 10 มิลลิเมตร เนื่องจากตะแกรงแบบรูยาว ขนาด 10 มิลลิเมตร ไม่มีการผลิตจำหน่าย

เพื่อหาขนาดรูตะแกรงและความยาวของตะแกรงที่เหมาะสมจึงได้ทำการทดสอบโดย ได้ทำการออกแบบถาดรับเศษวัสดุแบ่งเป็นช่อง โดยถาดรับเศษวัสดุแบ่งเป็นช่อง ช่องละ 100 มิลลิเมตร จำนวน 20 ช่อง เมื่อทำการทดสอบทำความสะอาดผลกาแฟแล้ว จะนำน้ำหนักเศษวัสดุที่ตกแต่ละช่องมาชั่งน้ำหนัก และนำมาวิเคราะห์ สรุปหาความยาวที่เหมาะสมสำหรับรูตะแกรง โดยต้องการคัดแยกเศษวัสดุขนาดเล็กให้ได้อย่างน้อย 80 เปอร์เซนต์ เพื่อใช้หาความยาวที่เหมาะสมของตะแกรง ดังภาพที่ 3 และผลการทดสอบแสดงตารางที่ 1

ภาพที่ 1.3 แสดงถาดรับเศษวัสดุ

ตารางที่ 1.1 ผลการทดสอบขนาดรูตะแกรงและความยาวตะแกรงที่เหมาะสม

ขนาดรูตะแกรง	น้ำหนักเศษวัสดุที่คัดแยกได้ (g)	ความยาวตะแกรง*	หมายเหตุ
รูยาว 6x20 มม.	75	120 เซนติเมตร	คัดแยกเศษวัสดุขนาดเล็กไม่หมด
รูยาว 8x20 มม.	145	100 เซนติเมตร	
รูกลม 10 มม.	-	-	ไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากผลกาแฟติดรูตะแกรง

หมายเหตุ *ความยาวตะแกรงที่สามารถคัดเศษวัสดุได้ 80 เปอร์เซ็นต์

กรมวิชาการเกษตร

จากการทดสอบพบว่า ตะแกรงรูยาว 8x20 มม. สามารถคัดแยกเศษวัสดุขนาดเล็กได้มากกว่าตะแกรงรูยาว 6x20 มม .โดยที่ไม่มีผลกาแฟสุกลอดรูตะแกรงออกมา และตะแกรงรูกลมขนาด 10 มม.ผลกาแฟสามารถลอดออกไปได้บ้างส่วนและมีผลกาแฟติดตามรูตะแกรงดังภาพที่ 4

ภาพที่ 1.4 ผลการทดสอบตะแกรงรูกลมขนาด 10 มิลลิเมตร

ดังนั้นจึงเลือกใช้ตะแกรงรูยาว ขนาด 8x20 มิลลิเมตร.ในการคัดแยกเศษวัสดุขนาดเล็กออกจากผลกาแฟ

2.ตะแกรงแบบรูกลม ใช้สำหรับคัดแยกเศษวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่าผลกาแฟ โดยผลกาแฟจะลอดผ่าน รูตะแกรงไปสู่ทางออก ทำการทดสอบด้วยตะแกรงรูกลมขนาด 19, 22 และ 25 มิลลิเมตร ค่าชี้ผลคือ ความยาวของตะแกรงที่ ผลสามารถลอดผ่านไปได้

ทำการทดสอบโดย ใช้ผลกาแฟที่ผ่านการทดสอบกับตะแกรงรูยาวแล้ว ครั้งละ 30 กิโลกรัม วัดระยะที่ผลกาแฟสามารถลอดผ่านรูตะแกรงไปได้หมด ผลการทดสอบเป็นดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1.2 ผลการทดสอบตะแกรงรูกลม

ขนาดรูตะแกรง	ระยะทางผลกาแฟลอดรูทั้งหมด	หมายเหตุ
รูกลม 19 มม.	130 เซนติเมตร	มีผลกาแฟเป็นที่พวงติดตามรูตะแกรง
รูกลม 22 มม.	70 เซนติเมตร	มีผลกาแฟที่เป็นพวงติดเล็กน้อย
รูกลม 25 มม.	50 เซนติเมตร	เศษวัสดุขนาดใหญ่สามารถลอดผ่านได้ง่าย ผลกาแฟเป็นพวงสามารถลอดผ่านได้

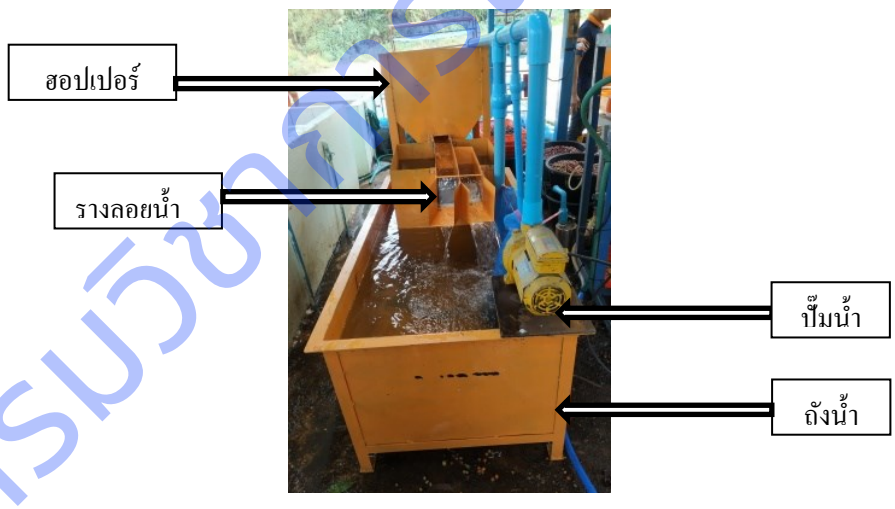
กรมวิชาการเกษตร

จากผลการทดสอบพบว่า สามารถใช้ตะแกรงรูกลมขนาด 22 มิลลิเมตร ในการคัดแยกเศษวัสดุขนาดใหญ่

จากผลการทดสอบ ทำการปรับปรุง ออกแบบตะแกรงโยกใหม่ โดยตะแกรงโยกยาว 2 เมตร กว้าง 0.5 เมตร พื้นที่ตะแกรง 1 ตารางเมตร ประกอบด้วยตะแกรง 2 แบบ ได้แก่ ตะแกรงรูยาวขนาด 8x20 มิลลิเมตรยาว 1 เมตร เพื่อใช้คัดแยกเศษวัสดุขนาดเล็ก และตะแกรงรูกลมขนาด 22 มิลลิเมตร ยาว 1 เมตร เพื่อใช้คัดแยกเศษวัสดุขนาดใหญ่ เช่น ใบไม้ กิ่งไม้ ที่มีขนาดใหญ่

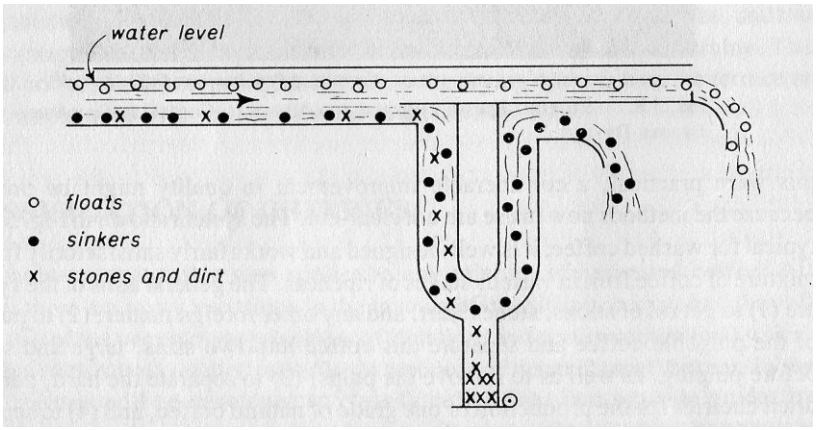
ผลการทดสอบตะแกรงโยกทำความสะอาดพบว่ามีความสามารถทำงานเฉลี่ย 2,064.29 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

<u>ส่วนที่ 2</u> ชุดคัดแยกผลกาแฟด้อยคุณภาพ โดยใช้ความถ่วงจำเพาะเป็นเกณฑ์ ประกอบด้วย ปั้มน้ำขนาด 450 ลิตรต่อนาที ฮอปเปอร์สำหรับเทผลกาแฟ รางน้ำลอยผลกาแฟ ใช้แยกผลกาแฟลอยน้ำ(ผลกาแฟด้อยคุณภาพ) ออกจากผลกาแฟดี และถังน้ำขนาด 0.9 ลูกบาศ์กเมตร



ภาพที่ 1.5 ชุดคัดแยกผลกาแฟด้อยคุณภาพ โดยใช้ความถ่วงจำเพาะเป็นเกณฑ์

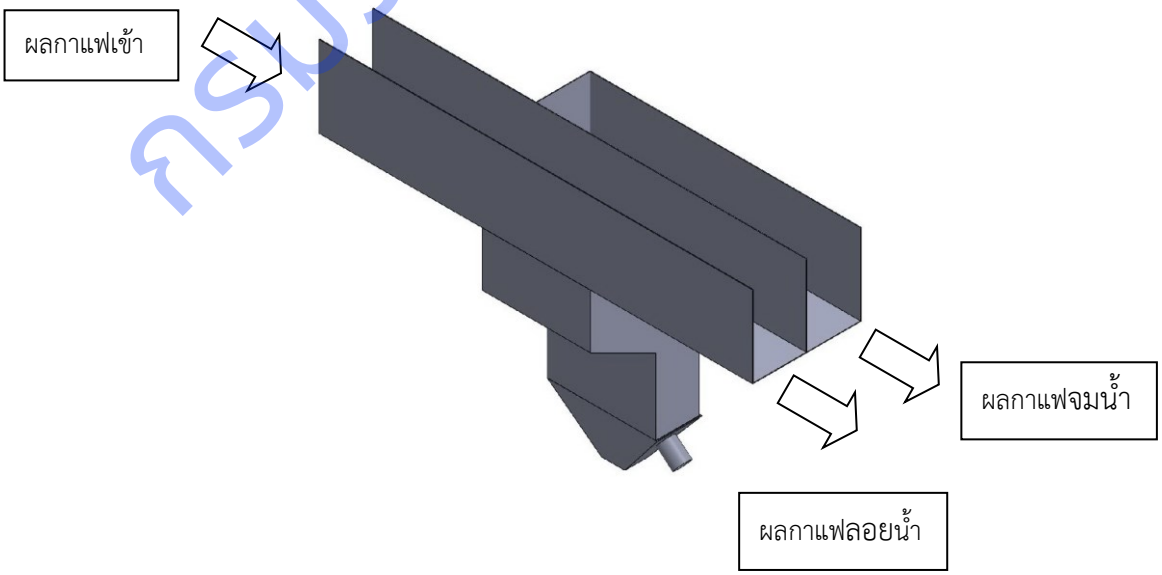
กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 1.6 กลไกการแยกผลกาแฟเสียและผลกาแฟที่สมบูรณ์ (Sivetz M. and N.W. Desrosier, 1979)

รางน้ำลอยผลกาแฟออกแบบ โดยใช้หลักการจม-ลอยของผลกาแฟ ดังภาพที่ 6 โดยปั๊มน้ำจะทำการสร้างกระแสน้ำ ให้ผลกาแฟไหลไปตามรางน้ำ ผลกาแฟที่สมบูรณ์ ก้อนหินและสิ่งสกปรกที่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำ จะจมน้ำผ่านท่อรูปตัวยู ก้อนหินและสิ่งสกปรกที่หนักกว่าจะถูกดักให้หล่นไปตามท่อดัก ผลกาแฟที่หนักกว่าน้ำเล็กน้อยจะไหลออกพร้อมน้ำ ส่วนผลกาแฟลอยน้ำ(ผลกาแฟด้อยคุณภาพ) จะไหลผ่านออกไปทางท้ายราง โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของรางน้ำลอยผลกาแฟนี้ ได้แก่ ระดับน้ำ และความเร็วของกระแสน้ำ

ได้ทำการออกแบบรางน้ำลอยผลกาแฟเพื่อใช้ทดสอบเก็บข้อมูลเบื้องต้น ดังภาพที่ 7 โดยมีขนาดความกว้างรางน้ำลอยผลกาแฟด้านละ 10 เซนติเมตร



ภาพที่ 1.7 รางน้ำลอยผลกาแฟความกว้าง 10 เซนติเมตร

กรมวิชาการเกษตร

1.การทดสอบปัจจัยเรื่องระดับน้ำ

ดำเนินการศึกษาปัจจัยความสูงของระดับน้ำและประสิทธิภาพการทำงานของชุดทำความสะอาดและคัดแยกผลกาแฟด้อยคุณภาพโดยใช้ความถ่วงจำเพาะด้วยการลอยน้ำ โดยใช้แผ่นกั้นน้ำที่ระดับความสูง 4, 5, 6, 7 เซนติเมตร กั้นทั้งสองด้านของรางน้ำลอยผลกาแฟ ทำการวัดระดับน้ำในราง ค่าอัตราการไหลของน้ำฝั่งรางผลกาแฟลอย และฝั่งรางผลกาแฟจม ทำการชั่งน้ำหนักผลกาแฟที่คัดแยกได้ในแต่ละฝั่งของรางน้ำ เพื่อนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1.3 ผลการทดสอบชุดทำความสะอาดและคัดแยกผลกาแฟด้อยคุณภาพโดยใช้ความถ่วงจำเพาะด้วยการลอยน้ำ

ความสูงแผ่นกั้นน้ำ(cm)	อัตราการทำงานเฉลี่ย(กก/ชม)	ประสิทธิภาพ(%)	สูญเสีย(%)
4	2036.44	84.85	11.63
5	2477.06	86.63	8.38
6	1825.55	91.32	6.96
7	2216.05	89.96	3.79

ประสิทธิภาพ คือ ความสามารถในการคัดแยกผลกาแฟลอยน้ำโดย

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{น้ำหนักผลลอยน้ำที่คัดแยกได้}}{\text{น้ำหนักผลลอยน้ำทั้งหมด}} \times 100$$

ความสูญเสีย คือผลกาแฟสมบูรณ์ที่สูญเสียจากการคัดแยกที่ผิดพลาด

$$\text{เปอร์เซ็นต์สูญเสีย} = \frac{\text{น้ำหนักผลกาแฟดีคัดผิดพลาด}}{\text{น้ำหนักผลกาแฟดีทั้งหมด}} \times 100$$

จากการทดสอบชุดทำความสะอาดและคัดแยกโดยใช้ความถ่วงจำเพาะ ด้วยการลอยน้ำ พบว่าที่ความสูงแผ่นกั้นน้ำที่ 6 เซนติเมตรให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด สามารถคัดแยกผลกาแฟลอยน้ำได้ 91.32 เปอร์เซนต์ โดยมีความสูญเสียผลกาแฟดี 6.96 เปอร์เซนต์ ระดับน้ำที่ต่ำไปจะทำให้ผลกาแฟด้อยคุณภาพไม่สามารถแยกตัว ขึ้นมาลอยผิวน้ำได้ทันทำให้ถูกดูดลอดผ่านใต้น้ำไปออกทางฝั่งรางลอยผลกาแฟจมได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการคัดแยกผลลอยน้ำไม่ดีนัก

2.การทดสอบปัจจัยความเร็วของกระแสน้ำ

กรมวิชาการเกษตร

ดำเนินการทดสอบหาความเร็วของกระแสน้ำที่ส่งผลต่อการคัดแยกผลกาแฟลอยน้ำ ออกจากผลกาแฟดี ดำเนินการทดสอบโดย การกั้นระดับน้ำ ซึ่งระดับความสูงของแผ่นกั้นน้ำแต่ละฝั่งราง ทำให้อัตราการไหลของแต่ละด้านเปลี่ยนไป ทำการทดสอบแล้วเปรียบเทียบด้วย ประสิทธิภาพในการคัดแยกผลกาแฟลอยน้ำ และความสูญเสีย เปรียบเทียบกับความเร็วของน้ำในแต่ละราง ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลเปรียบเทียบความเร็วของน้ำในแต่ละราง กับประสิทธิภาพในการคัดแยก

ความสูงแผ่นกั้นน้ำรางผลกาแฟลอย (cm.)	ความเร็วน้ำรางผลกาแฟลอย(cm/s)	ความสูงแผ่นกั้นน้ำรางผลกาแฟจม (cm.)	ความเร็วน้ำรางผลกาแฟจม(cm/s)	ประสิทธิภาพ (%)	สูญเสีย(%)
4	51.45	4	78.95	84.85	11.63
5	46.96	4	49.53	99.28	3.49
5	47.77	5	118.92	80.51	0.93
6	49.45	4	46.55	97.74	4.2
6	78.87	5	56.16	98.23	6.66
6	45.67	6	48.39	95.89	2.46

ผลการทดสอบพบว่าแผ่นกั้นน้ำที่ระดับความสูงแผ่นกั้นฝั่งรางผลกาแฟลอย 5 เซนติเมตร และความสูงแผ่นกั้นฝั่งรางผลกาแฟจม 4 เซนติเมตร ให้ผลการทดสอบดีที่สุด โดยพบว่า ความเร็วของกระแสน้ำควรที่จะใกล้เคียงกันทั้งสองฝั่งจะให้ผลการทดสอบที่ดี หากฝั่งรางผลกาแฟจมมีความเร็วของกระแสน้ำมากทำให้สามารถดูดผลกาแฟลอย ข้ามมาได้ทำให้การคัดแยกผลกาแฟลอยน้ำไม่ดี แต่สูญเสียผลกาแฟที่สมบูรณ์น้อย

ต้นแบบแรกที่ได้ทำการสร้างขึ้นมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ทดสอบเก็บข้อมูล จึงยังมีข้อบกพร่องและยังไม่เหมาะสมในการใช้งานหลายประการ จึงได้ดำเนินการแก้ไข ออกแบบปรับปรุงต้นแบบใหม่และได้ขยายขนาดรางลอยผลกาแฟให้ความกว้างของรางด้านผลกาแฟลอย มีความกว้าง 20 เซนติเมตร และรางด้านผลกาแฟจม มีความกว้าง 15 เซนติเมตร ปรับปรุงต้นแบบให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น เหมาะสมกับผู้ใช้มากขึ้น ดังภาพที่ 8 และได้ทำการทดสอบต้นแบบที่ได้ทำการปรับปรุงขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 8 ต้นแบบเครื่องล้างผลกาแฟที่ปรับปรุงใหม่

ดำเนินการทดสอบปัจจัยเรื่องของระดับความสูงน้ำในราง โดยดำเนินการทดสอบความสูงของแผ่นกั้นน้ำที่ความสูงแผ่นกั้น 6, 7, 8 เซนติเมตร ผลการทดสอบดังตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 ผลการทดสอบแผ่นกั้นน้ำ

ความสูงแผ่นกั้นน้ำรางผลกาแฟลอย(cm.)	ระดับน้ำรางผลกาแฟลอย(cm.)	ความสูงแผ่นกั้นน้ำรางผลกาแฟจม(cm.)	ระดับน้ำรางผลกาแฟจม (cm.)	ประสิทธิภาพ(%)	สูญเสีย(%)
6	10	6	10	94.54	2.51
7	10.9	7	10.2	96.60	1.93
8	11.2	8	10.5	93.7	1.17

ผลการทดสอบต้นแบบที่ปรับปรุงขึ้นใหม่ พบว่า สามารถทำงานได้ดีขึ้น การทดสอบแผ่นกั้นน้ำที่ความสูง 6, 7, 8 เซนติเมตร ให้ผลใกล้เคียงกัน โดยระดับน้ำในรางควรมีระดับ 10 เซนติเมตรซึ่งสามารถทำให้คัดแยกผลกาแฟลอยน้ำออกจากผลกาแฟดีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การทดสอบเปรียบเทียบความเร็วของน้ำในแต่ละด้านของราง กับประสิทธิภาพ ผลการทดสอบดังตารางที่ 1.6

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1.6 ผลการทดสอบเปรียบเทียบความเร็วของน้ำในแต่ละด้านของราง กับประสิทธิภาพ

ความสูงแผ่นกั้นน้ำรางผลกาแฟลอย (cm.)	ระดับน้ำรางผลกาแฟลอย (cm.)	ความเร็วน้ำรางผลกาแฟลอย (cm/s)	ความสูงแผ่นกั้นน้ำรางผลกาแฟจม (cm.)	ระดับน้ำรางผลกาแฟจม (cm.)	ความเร็วน้ำรางผลกาแฟจม(cm/s)	ประสิทธิภาพ (%)	สูญเสีย(%)
6	6.5	246.27	4	6.5	71.15	94.75	2.11
6	10	48.45	6	10	49.26	94.54	2.51
7	8	83.02	4	8	57.35	92.26	1.72
7	8	138.60	5	8	61.32	92.23	1.11
7	8	79.37	6	8	54.27	91.78	2.89
7	10.9	45.87	7	10.7	43.54	96.6	1.93
8	9.8	56.13	3	7.5	48.65	84.50	0.82
8	10	60.14	4	9.5	40.36	83.40	0.38
8	10	48.03	5	8.7	51.15	85.50	0.61
8	10.5	57.30	6	10	43.15	88.70	1.36
8	10.8	44.61	7	10	42.30	90.30	2.11
8	11.2	49.14	8	10.5	64.75	93.70	1.17

จากผลการทดสอบพบว่า แผ่นกั้นน้ำสูง 7 เซนติเมตร ทั้งสองด้านให้ผลการทดสอบดีที่สุด โดยสามารถคัดแยกผลกาแฟเสีย ได้ 96.6 เปอร์เซนต์ และมีการสูญเสีย 1.93 เปอร์เซนต์

ในการใช้งานจริง สามารถต่อชุดตะแกรงโยกทำความสะอาดเข้ากับชุดลอยแยกผลกาแฟเสีย โดยใช้ความถ่วงจำเพาะให้ทำงานต่อเนื่อง โดยมีความาสามารถทำงานโดยเฉลี่ยประมาณ 2064.29 กิโลกรัมผลกาแฟสดต่อชั่วโมง ดังภาพที่ 1.9

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 1.9 แสดงเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟอะราบิกา

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

เครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟอะราบิกาประกอบด้วยการทำงานสองส่วน คือส่วนตะแกรงโยกทำความสะอาดเบื้องต้น ทำหน้าที่คัดแยกเศษวัสดุต่างๆ ได้แก่เศษวัสดุขนาดเล็กด้วยตะแกรงรูยาวขนาด 8x20 มิลลิเมตรมีความยาว 1 เมตร และ คัดแยกเศษวัสดุขนาดใหญ่กว่าผลกาแฟ ด้วยตะแกรงรูกลม ขนาด 22 มิลลิเมตร ความยาว 1 เมตร ผลกาแฟที่ผ่านการทำความสะอาดเบื้องต้นแล้วจะไหลไปสู่ส่วนที่สอง ได้แก่ชุดคัดแยกผลกาแฟเสียโดยใช้ความถ่วงจำเพาะ ทำหน้าที่ในการคัดแยกผลกาแฟด้อยคุณภาพ ออกจากผลกาแฟสมบูรณ์ โดยใช้คุณสมบัติด้านความถ่วงจำเพาะ ผลกาแฟด้อยคุณภาพจะเบากว่าน้ำเนื่องจากเมล็ดกาแฟภายในผลไม่สมบูรณ์และจะลอยที่ผิวน้ำผ่านออกไปทางท้ายรางผลกาแฟลอยที่มีขนาด 200 มิลลิเมตร ส่วนผลกาแฟสมบูรณ์จะหนักกว่าน้ำเล็กน้อยและจะจมน้ำผ่านท่อรูปตัวยูออกไปที่รางผลกาแฟจมขนาดความกว้าง 150 มิลลิเมตร จากการทดสอบพบว่าระดับน้ำในรางควรสูงกว่า 100 มิลลิเมตร ทำให้สามาถคัดแยกผลกาแฟด้อยคุณภาพได้

เครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟนี้ สามารถใช้ทำงานทดแทนแรงงานในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดและคัดแยกผลกาแฟด้อยคุณภาพได้โดยมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 2,064.29 กิโลกรัมผลกาแฟสดต่อชั่วโมง และหากเพิ่มเติมอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ เช่น รางสกรูลำเลียง ทำให้สามารถต่อเข้ากับเครื่องมือแปรรูปกาแฟในขั้นตอนต่อไป เช่น เครื่องสีเปลือกสด เครื่องขัดเมือกกาแฟกะลา จะทำให้สามารถทำงานต่อเนื่อง สามารถแปรรูปกาแฟตั้งแต่ต้นทางจากผลสด จนถึงขั้นตอนทำให้เป็นกาแฟกะลาแห้งได้ สามารถพัฒนาให้เกิดเป็นโรงแปรรูปกาแฟขนาดเล็กได้เหมาะสมกับเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน

กรมวิชาการเกษตร

นอกจากนี้ยังอาจสามารถประยุกต์การใช้เป็นเครื่องล้างทำความสะอาดกาแฟกะลาหลังจากผ่านเครื่องขัดเมือกกาแฟแล้วได้ โดยใช้แยกเศษวัสดุ เปลือก เศษกะลา คัดแยกกะลากาแฟเสียที่ลอยน้ำ ก่อนนำไปทำให้แห้ง ทำให้กาแฟที่แปรรูปมีคุณภาพที่สูงขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 2

วิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งกาแฟกะลาอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเกษตรกร แบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในอัตโนมัติ

Research and Development Arabica coffee parchment solar-dryer greenhouse for farmers by humidity and temperature controlled

พงษ์รวี นามวงศ์	ปรีชา อานันท์รัตนกุล	มานพ รักญาติ
Pongrawee Namwong	Preecha Anantatanakul	Manop Rakyart
สนอง อมฤกษ์	ปริญญวัฒน์ อยู่ทองอินทร์	สรวิศ จันทร์เจนจบ
Sanong Amaroek	Parinyawat Yoothongin	Sorawit Junjenjob
นิติ ผูกจิต	ฉัตรนภา ข่มอาวุธ	
Niti Pookjit	Chatnapa Komarvut	

คำสำคัญ : อบแห้ง, กาแฟอะราบิกา พลังงานแสงอาทิตย์

Key words : Drying, Arabica Coffee, Solar

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การวิจัยการลดความชื้นเมล็ดกาแฟอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยโรงตากแบบหลังคาโค้งขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สั่งงานระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็น ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหล 700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงจะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนและความชื้นออกจากโรงตาก ภายในโรงตากบรรจุชั้นตากกาแฟ 8 ชั้น สามารถตากกาแฟได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 1.5 ตัน ทดสอบในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม สุ่มกะลากาแฟสดครั้งละ 2.5 กิโลกรัม มาลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ มีอุณหภูมิตลอดการทดลองสูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน กะลากาแฟมีความชื้นเริ่มต้น 55 %wb ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้าย 12 %wb อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้งมีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอ ไม่ต่างจากการผึ่งลมในปัจจุบัน ซึ่งใช้เวลานานกว่าถึงสามเท่า เครื่องต้นแบบมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 120 กก./ปี ที่อายุการใช้งาน 10 ปี

Abstracts

Arabica coffee parchment drying study was conducted using solar energy equipped in a 4 x 6 m2 curved roof drying house. The automated drying system controlled the maximum temperature of 45 °C, 75% relative humidity. Two 30-watt fans were used, providing flow rate of 700 m3/hr for removing heat and moisture from the drying house. There were 8 drying racks inside the unit, holding at least 1.5 ton of coffee parchment. In this present study, the test was conducted during January to March. In the meantime, 2.5 kg of coffee sample were taken out in order to quantify the moisture content. The study found that coffee parchment had initial moisture content of 55%. Maximum and minimum temperature in the drying house was 39.4 and 6.1 °C, respectively. Average temperature and relative humidity were 18.73 °C and 57.27%, respectively. The drying process took about 7 to 10 days, making moisture content in coffee parchment declined to 12.0%. The drying rate was 0.2665%/hr. At last, coffee samples obtained from solar energy drying house showed no physical damage, i.e., breaking and bending, compared with ones from conventional drying process which took much longer time (3 times). The prototype has a break-even point of 120 kg/year over a 10-year service life.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

กาแฟจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในโลกมีอยู่ 70 ชนิด ถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในบริเวณแถบรอยต่อประเทศเอธิโอเปีย อบีสซิเนีย และ อาราเบีย ทวีปแอฟริกาเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศค่อนข้างเย็น อุณหภูมิระหว่าง 17-22 องศาเซลเซียส จัดเป็นพืชกึ่งเมืองหนาว ถ้าปลูกในเขตร้อนต้องปลูกบนพื้นที่สูง ส่วนใหญ่ที่ปลูกแพร่หลาย มี 4 กลุ่มได้แก่ กาแฟสายพันธุ์อะราบิกา กาแฟพันธ์โรบัสตา กาแฟ พันธุ์เอ็กเซลซ่า และกาแฟพันธุ์ลิเบอริกา โดยเฉพาะอย่างยิ่งนั้นกาแฟอะราบิก้า (Arabica coffee) ในอดีตใช้เป็น พืชที่ปลูกทดแทนพืชเสพติด เช่น ฝิ่น เพราะเหมาะสมที่ปลูกในภาคเหนือของประเทศไทย สามารถเจริญเติบโตได้ดีตั้งแต่พื้นที่ความสูง 700 เมตร จากระดับน้ำทะเล และนอกจากนั้นเนื่องด้วยมีสภาพภูมิอากาศเอื้ออำนวยต่อการออกดอกและติดผล ถึงแม้มีข้อจำกัดเนื่องจากเป็นพืชที่ไม่เหมาะที่ปลูกในสภาพกลางแจ้ง และไม่ทนต่อสภาวะอากาศแห้งแล้ง แต่เหมาะสมที่จะปลูกในสภาพร่มเงาหรือบริเวณที่ มีแสงแดดลอดผ่านได้อย่างน้อย 50 เปอร์เซ็นต์ หรือปลูกเป็นพืชแซมกับไม้ยืนต้น ไม้ป่าธรรมชาติ ผู้ปลูกไม่จำเป็นต้องโค่นถางป่าช่วยลดการบุกรุกทำลายป่าไม้ อีกทั้งเป็นระบบที่รักษาสภาพแวดล้อมหรือปลูกแบบเชิงอนุรักษ์ธรรมชาติตามระบบวนเกษตร เพราะองค์ประกอบสำคัญคือ ป่า น้ำ พื้นที่ปลูกพืช ตลอดจน ผลผลิตจากป่า รวมถึงประโยชน์ที่ได้รับของเกษตร ป่าไม้ทั้งทางตรง และทางอ้อม

การปลูกกาแฟอาราบิกาเริ่มขึ้นในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนโดยโครงการหลวงพัฒนาชาวเขา (มูลนิธิโครงการหลวง) ภายใต้ความช่วยเหลือของกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (USDA) ตั้งแต่ พ.ศ. 2517 ซึ่งได้มอบหมายให้กรมวิชาการเกษตรทำการวิจัยและพัฒนาการปลูกกาแฟอาราบิก้าบนพื้นที่สูง เพื่อ ทดแทนการปลูกฝิ่นของชาวไทยภูเขาในภาคเหนือ หลังจากนั้นได้กระจายพันธุ์ไปตามแหล่งปลูกต่าง ๆ บน พื้นที่สูงทางภาคเหนือ เช่น มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง ดอยช้าง ดอยวาวี จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ตาก น่าน และเพชรบูรณ์ ตามลำดับ

กาแฟจึงจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทยที่ทำรายได้ให้ประเทศปีละประมาณ 30,000 ล้านบาท โดยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (ปี 2556-2560) ตลาดมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการใช้เมล็ดกาแฟของโรงงานแปรรูปกาแฟในประเทศไทยเพิ่มขึ้นจาก 70,000 ตัน ในปี 2556 เป็น 95,000 ตัน ในปี 2560 ขณะที่สามารถผลิตในประเทศได้เพียง 23,000 ตันเท่านั้น เนื่องจากผลผลิตกาแฟในประเทศกลับลดลงอย่างต่อเนื่อง จากราคาที่ตกต่ำเป็นเวลานาน ทำให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่นแทน เช่น ยางพารา ปาล์มน้ำมัน และไม้ผล จึงทำให้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้มีการนำเข้าจากต่างประเทศเพิ่มขึ้นด้วย

กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว นับเป็นจุดสำคัญหนึ่งในการผลิตผลิตภัณฑ์กาแฟ ซึ่งสามารถเพิ่มมูลค่าได้ ดังนั้นความจำเป็นต้องทำการศึกษาวิจัย เพื่อหาวิธีการผลิตที่ได้ผลดีที่สุด ที่ช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิต เผยแพร่ข้อมูลเทคโนโลยีการผลิตที่สามารถประยุกต์ให้เหมาะสมกับชุมชนผู้ประกอบการขนาดย่อม สำหรับการแปรรูปกาแฟอะราบิกา มีกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว วิธีการ

กรมวิชาการเกษตร

ปฏิบัติ การแปรรูปแตกต่างกัน ทำให้ผลผลิตที่ได้มีความแตกต่างกัน ส่งผลถึงรสชาติของกาแฟ คุณภาพที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดปัญหาทางการตลาด และเป็นตัวแปรสำคัญในการกำหนดราคา

ปัจจุบันการตากแห้งกาแฟกะลา เกษตรกรยังไม่มีเครื่องอบแห้งที่เหมาะสม ยังต้องใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นหลัก และต้องตากบนพื้นดินหรือพื้นคอนกรีต ทำให้กาแฟบางส่วนไม่ได้คุณภาพและต้องใช้เวลาในการตากให้แห้งนาน ใช้พื้นที่ในการตากมาก ซึ่งล้วนเป็นปัญหาต่อการผลิตกาแฟของเกษตรกรในพื้นที่ทางภาคเหนือ จากการเก็บข้อมูลโรงอบแสงอาทิตย์ของกระทรวงพลังงาน (แบบ พพ.1) มาทดสอบอบแห้งกาแฟกะลา พบว่า อุณหภูมิในห้องอบแห้งนั้นสูงถึง 62 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกาแฟกะลาขณะอบแห้งสูงถึง 72 องศาเซลเซียส ทำให้กาแฟกะลาเสียหาย เช่นการคดงอแห้งเกินไป ซึ่งส่งผลทำให้กาแฟกะลามีคุณภาพต่ำ

เป้าหมายหลักของเทคโนโลยีการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับกาแฟกะลาคือคือการสร้างมาตรฐานสินค้าที่สะอาด ปลอดภัย เป็นจุดเด่นด้านนวัตกรรมและอนุรักษ์พลังงาน เพื่อสร้างคุณค่าในระยะยาวและลดระยะเวลาการผลิตลง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำงานวิจัยโรงอบแห้งเพื่อช่วยลดระยะเวลาในการตากแห้งและได้กาแฟกะลาที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน

ระเบียบวิธีการวิจัย

การออกแบบ สร้างและทดสอบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบ จะประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 โรงอบแห้ง เลือกใช้หลังคาแบบโพลีคาร์บอเนต เพราะมีความทนทาน สามารถใช้ได้นานกว่าใช้พลังคาที่ทำจากพลาสติก ส่วนหลังคาออกแบบให้เป็นหลังคาโค้ง เนื่องจากงานวิจัยที่ได้ศึกษามา พบว่าหลังคาโค้งจะสามารถกระจายความร้อนได้ดีกว่าหลังคาแบบจั่ว

ส่วนที่ 2 เป็นชุดควบคุมอัตโนมัติ ใช้ชุดควบคุมสมองกลฝังตัว Arduino รุ่น Uno R3

1.ทดสอบการทำงานเบื้องต้น วางแผนการทดลองแบบ CRD ตั้งเงื่อนไขการควบคุมอัตโนมัติทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยมีเงื่อนไขการอบแห้งไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส โดยบันทึกข้อมูลดังนี้

1) บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้ง 3 จุด คือ หน้า กลาง และท้ายโรงอบ

2) วัดความชื้นเริ่มต้นกาแฟกะลา โดยใช้กาแฟกะลาจากแปลงของเกษตรกร ซึ่งจะมีค่าความชื้นเริ่มต้นไม่เท่ากัน นำตัวอย่างกะลากาแฟไปอบแห้งที่ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้ง

3) สุ่มวัดอุณหภูมิกาแฟกะลา โดยวัดที่ผิวของกะลากาแฟ

4) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างกาแฟกะลา สุ่มตัวอย่างตัวอย่างละ 2.5 กิโลกรัม บันทึกน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกทุก 30 นาที

5) น้ำหนักสุดท้ายหลังการอบแห้งทดลองโดยการทำซ้ำโดยเงื่อนไขการอบแห้งแบบเดิม

กรมวิชาการเกษตร

2.จากนั้นนำข้อมูลการทดสอบมาปรับปรุงและพัฒนาโรงอบต้นแบบให้สามารถใช้งานได้ ทั้งในเชิงปริมาณและเวลาในการสดทอบ เช่น ความสามารถในการอบแห้ง อัตราการอบแห้ง กราฟการอบแห้ง รวมถึงรสชาติกาแฟเปรียบเทียบกับวิธีการตากแบบเดิม

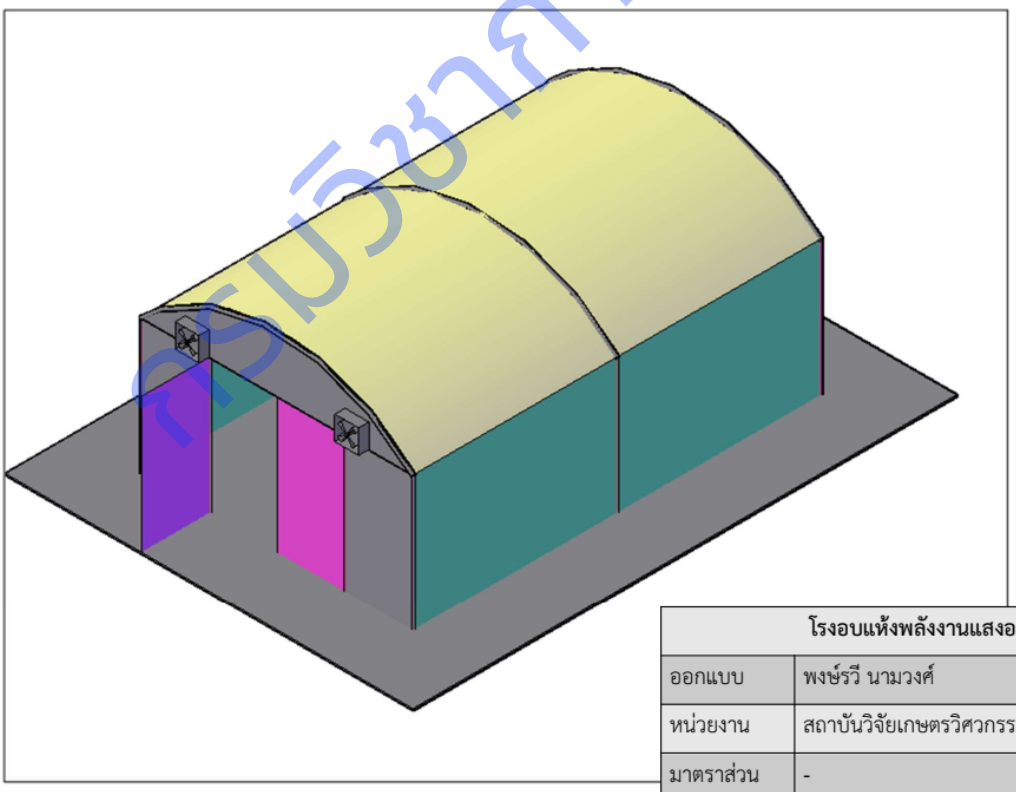
3.เก็บข้อมูลกะลากาแฟหลังผ่านกระบวนการอบแห้ง เช่น แมลง เมล็ดที่เสียหายจากกะลาแตก เทียบกับการตากแห้งแบบเดิมของเกษตรกร โดยการจัดเก็บแบบเดียวกัน

4.ปรับปรุงและพัฒนาโรงอบต้นแบบเพื่อให้โรงอบแห้งใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง เปรียบเทียบค่าอัตราการอบแห้ง อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง เทียบกับการตากแห้งแบบดั้งเดิม/ผึ่งลม

ผลการทดลองและอภิปราย

ออกแบบและสร้างโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลังคาโค้งขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร ด้านบนมุงด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกใส หนา 6 มม. ด้านหน้าและด้านหลัง ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตใสบุผนัง ในส่วนของด้านข้าง ใช้พลาสติกโรงเรือนใส หนา 150 ไมครอน (0.15 มม.) เทพื้นด้วยคอนกรีตหนา 10 ซม. ติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหลรวม 422 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สั่งงานระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว Arduino รุ่น Uno R3 ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็น



โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	
ออกแบบ	พงษ์รวี นามวงศ์
หน่วยงาน	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
มาตราส่วน	-
วันที่	26 ส.ค.2563

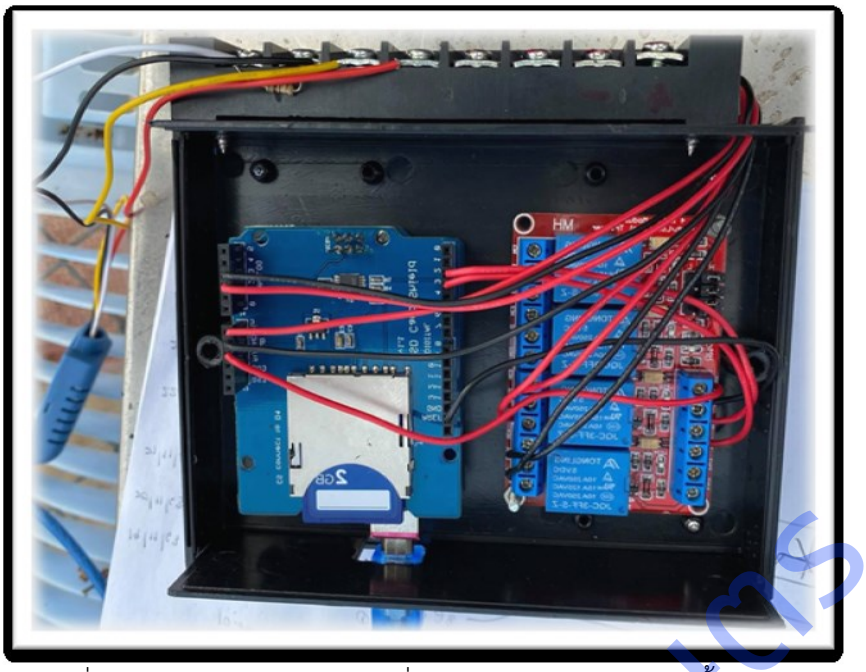
ภาพที่ 2.1 แบบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 2.2 โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ศึกษาวิจัยการลดความชื้นเมล็ดกาแฟอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยโรงตากแบบหลังคาโค้งขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สั่งงานระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็น ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหล 700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงจะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนและความชื้นออกจากโรงตาก ภายในโรงตากบรรจุชั้นตากกาแฟ 8 ชั้น สามารถตากกาแฟได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 1.5 ตัน ทดสอบในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม ใช้กะลากาแฟสดสุ่มตัวอย่างทดสอบ 2.5 กิโลกรัมต่อครั้ง บันทึกน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุก 1 ชั่วโมง โดยเครื่องชั่งแบบบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติ

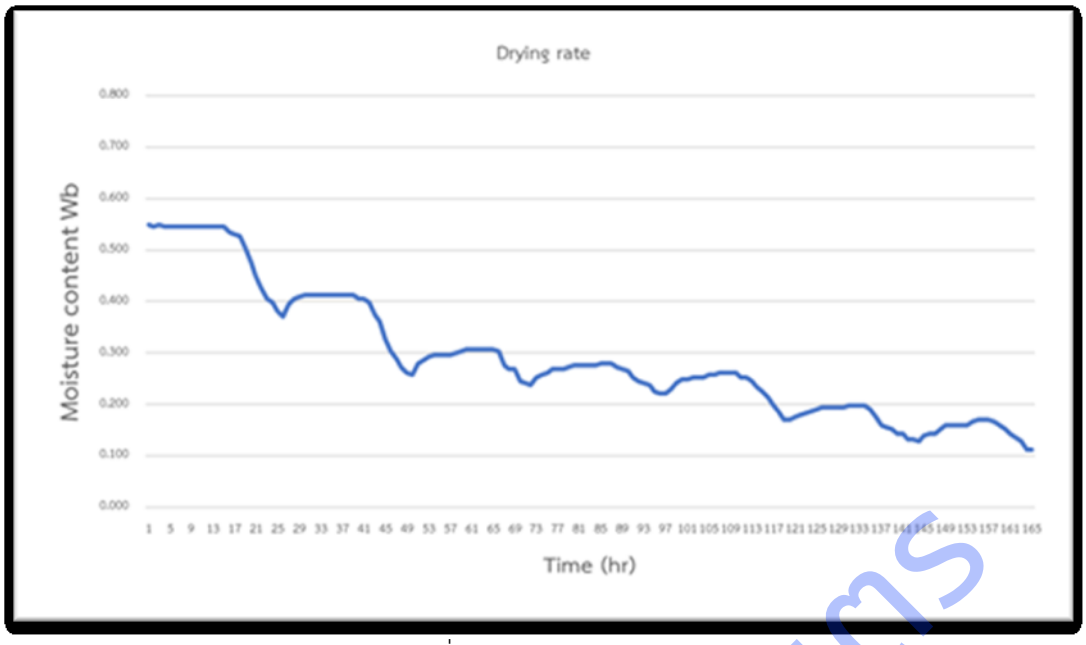
กรมวิชาการเกษตร



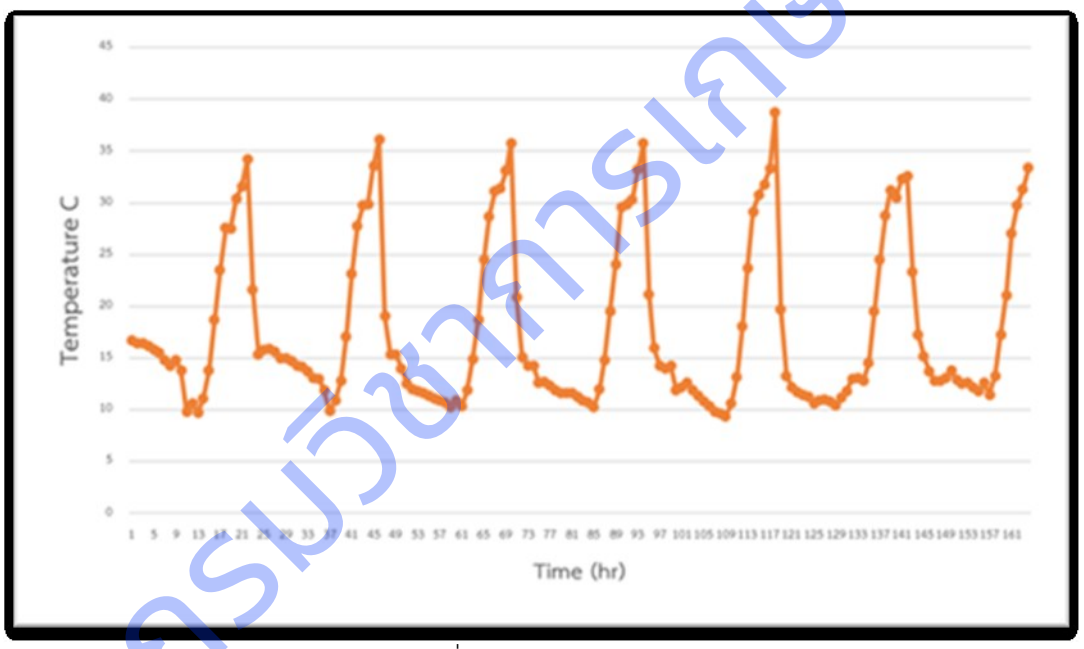
ภาพที่ 2.3 สมองกลฝังตัว ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ

ภาพที่ 2.4 เครื่องชั่งแบบบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติโดยใช้สมองกลฝังตัว

การลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ กะลากาแฟ มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 55 มาตรฐานเปียก (wb) มีอุณหภูมิตลอดการทดลอง สูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27 %



ภาพที่ 2.5 อัตราการอบแห้ง



ภาพที่ 2.6 อุณหภูมิอบแห้ง

ภาพที่ 2.7 กะลากาแฟหลังการอบแห้ง

กรมวิชาการเกษตร

การทดสอบตากแห้งกะลากาแฟอะราบิกา ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นของช่วงเวลาที่ตากแห้ง ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้ายร้อยละ 12 wb อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดลอง 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% มีอัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้ง มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอ เมื่อนำไปทดสอบด้วยวิธี Sensory Test มีค่าใกล้เคียงกันมากเทียบกับวิธีการตากหรือผึ่งลมแบบเดิม

อภิปรายผล

การลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ใช้กะลากาแฟอะราบิกาสด สุ่มตัวอย่างทดสอบ 2.5 กิโลกรัมต่อครั้ง กะลากาแฟ มีความชื้นเริ่มต้น 55 %wb มีอุณหภูมิตลอดการทดลองสูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้าย 12 %wb อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้ง มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอ ไม่ต่างจากการผึ่งลมในปัจจุบัน ซึ่งใช้เวลานานกว่าถึงสามเท่า

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

โรงตากแบบหลังคาโค้งขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สั่งงานระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็น ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหล 700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนและความชื้นออกจากโรงตาก ภายในโรงตากบรรจุชั้นตากกาแฟ 8 ชั้น สามารถตากกาแฟได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 1.5 ตัน ทดสอบในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม สุ่มกะลากาแฟสดครั้งละ 2.5 กิโลกรัม มาลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ มีอุณหภูมิตลอดการทดลองสูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน กะลากาแฟมีความชื้นเริ่มต้น 55 %wb ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้าย 12 %wb อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้ง มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอ ไม่ต่างจากการผึ่งลมในปัจจุบัน ซึ่งใช้เวลานานกว่าถึงสามเท่า เครื่องต้นแบบมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 120 กก./ปี ที่อายุการใช้งาน 10 ปี

ลิขสิทธิ์การเกษตร

บทที่ 3

วิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อนร่วมกับสุญญากาศ

Research and Development of Robusta Coffee Dryer by Using Hot Air Combined with Vacuum System

สราวุฒิ ปานทน เวียง อากรชี ขนิษฐ์ หว่านณรงค์
Sarawuth Parnthon Weang Arekornchee Khanit Wannaronk
โกเมศ สัตยาวุธ สุภาพร ชุมพงษ์,
Komate Satayawut Supaporn Chumpong
มานพ รักญาติ อาธร พรบุญ อุทัย ธานี
Manop rakyat Arton Ponboon Uthai Thanee

คำสำคัญ: การอบแห้ง, กาแฟโรบัสตา

Keywords: Drying, Robusta Coffe

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาเพื่อลดเวลาในการทำแห้งกาแฟ และช่วยลดความเสียหายของกาแฟจากการที่ไม่สามารถลดความชื้นกาแฟได้ในช่วงที่ฝนตก หรืออากาศมีความชื้นสูง โดยได้สร้างต้นแบบเครื่องอบลดความชื้น ประกอบด้วยถังอบทรงกระบอกวางแนวนอนเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร ขนาดบรรจุประมาณ 500 กิโลกรัม ชุดให้ความร้อน และตู้คอนโทรลที่มีสามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบสามารถตั้งค่าอุณหภูมิการอบได้ได้ตามที่ต้องการ และควบคุมการหมุนของถังอบเพื่อช่วยในการคลุกเคล้าและกลับเมล็ดกาแฟให้ได้รับความร้อนที่สม่ำเสมอ จากการทดสอบอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตา ผลเชอรี่ พบว่า เมื่อความชื้นลดลงจะมีการยุบตัวของเมล็ดกาแฟ ทำให้เมล็ดกาแฟยุบจนมีระดับต่ำกว่าท่อลมออกที่วางตัวในแนวแกนกลางถังอบ ต้องนำเมล็ดกาแฟชุดแรกออกมาพักตัว แล้วทำการอบเมล็ดกาแฟชุดที่ 2 ต่อไป โดยสามารถอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 57.66% มาตรฐานเปียก ให้เหลือประมาณ 36.57% มาตรฐานเปียก ได้ในเวลา 8-12 ชั่วโมง และใช้แก๊สหุงต้มในการให้ความร้อนอบลดความชื้น 0.4-0.6 กิโลกรัม/ชั่วโมง เครื่องต้นแบบมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 19,281.26 กก./ปี ที่อายุการใช้งาน 5 ปี

Abstract

This project aims to research and develop Robusta coffee dehumidifiers to reduce the drying time and reduce the damage of coffee with high moisture during the rain or high humidity. The prototype of coffee dryer it consists of horizontal cylinder diameter 100 cm. length 120 cm., can hold about 500 kg. of coffee. The Controller that can control the temperature and the rotation of the drying tank. The study found that when the moisture content was reduced, the coffee bean would collapse. Causing the coffee bean to collapse until they are lower than the exhaust pipe that is placed in the middle of the dring tank. Take out the first coffee beans and then continue drying the batch. The dryer can reduce the moisture content from 57.66%wb to 36.57%wb in 8 – 12 hours and used Liquefied petroleum gas to reduce the moisture content of 0.4 – 0.6 kg./ hr. The prototype has a break even point of 19,281.26 kg/year over a 5-year service life.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

กาแฟที่ปลูกกันอยู่ในประเทศไทย มี 2 พันธุ์ หลักๆ คือ กาแฟพันธุ์อาราบิกา ปลูกทางภาคเหนือ และกาแฟพันธุ์โรบัสตา ปลูกทางภาคใต้ ปริมาณความต้องการใช้เมล็ดกาแฟสำหรับอุตสาหกรรมกาแฟผงสำเร็จรูป และกาแฟคั่วบดภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในปัจจุบันธุรกิจร้านกาแฟสด เติบโตและขยายตัวอย่างรวดเร็ว (เอกสารวิชาการกาแฟ กรมวิชาการเกษตร, 2547) ปัจจุบันกาแฟพันธุ์โรบัสตาเป็นที่นิยมของผู้บริโภคและมีมูลค่าเพิ่มขึ้น ในภาคใต้ ปี 2560 มีผลผลิตกาแฟ 19,207 ตัน เพิ่มขึ้นจาก ปี 2558 ที่มีผลผลิต 17,028 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพการผลิตสารกาแฟ โดยทดลองเปลี่ยนวิธีการผลิตจากวิธีแห้งมาเป็นวิธีเปียก ขั้นตอนการลดความชื้นในการผลิตเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการกำหนดคุณภาพของสารกาแฟ จากสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศของภาคใต้ จะมีฝนตกชุกเกือบตลอดทั้งปี ส่งผลให้อากาศมีความชื้นสูงสร้างปัญหาในการตากกาแฟเป็นอย่างมากส่งผลกระทบต่อคุณภาพสารกาแฟ เพราะเกิดกระบวนการหมักในระหว่างการตากอาจมีเชื้อราที่เป็นพิษเกิดขึ้น รสชาติและกลิ่นไม่ได้มาตรฐาน ส่งผลโดยตรงต่อราคาในการจำหน่าย

จากการลงพื้นที่ที่จังหวัดชุมพรเพื่อสำรวจข้อมูลเบื้องต้นจากกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตกาแฟโรบัสตา พบว่า ในขั้นตอนการทำแห้งจะใช้การตากแห้ง และมีการใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์(ภาพที่ 3.1)ที่ได้รับการสนับสนุนจากกรมธุรกิจพลังงานทดแทนมาใช้ในการตากแห้งกาแฟ แต่ในช่วงที่ผลผลิตกาแฟออกพร้อมกันเป็นจำนวนมาก จะไม่สามารถตากแห้งกาแฟได้ทันเพราะการตากแห้งด้วยโรงตากต้องใช้เวลาหลายวัน หรือหากในช่วงที่ตากแห้งกาแฟมีฝนตก โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่สามารถลดความชื้นกาแฟได้ ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพและรสชาติของกาแฟ อาจทำให้ผลผลิตกาแฟในช่วงนั้นเสียหายไม่สามารถจำหน่ายได้ หรือแม้จำหน่ายได้แต่ก็ส่งผลกับราคาจำหน่ายที่ลดลงตามคุณภาพกาแฟ ในกรณีที่มีผลผลิตออกมาพร้อมกันในปริมาณมากหากมีเครื่องอบลมร้อนจะสามารถลดความชื้นกาแฟได้รวดเร็วกว่าการตากในโรงตาก ถึงแม้จะมีฝนตกทำให้ความชื้นในอากาศสูงก็ยังสามารถอบลดความชื้นกาแฟได้ ซึ่งตากจากโรงตากแสงอาทิตย์ที่จะไม่สามารถลดความชื้นกาแฟได้หากมีฝนตกหรือในอากาศมีความชื้นสูง

ก) โรงตากแห้ง ข) การตากกาแฟในโรง

ภาพที่ 3.1 โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

กรมวิชาการเกษตร

การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวในขั้นตอนวิธีการลดความชื้นกาแฟจึงมีความจำเป็นมากเพื่อช่วยแก้ปัญหาเรื่องคุณภาพ ลดระยะเวลาในการตากแห้ง สำหรับประเทศไทยการนำเทคโนโลยีด้านเครื่องอบลดความชื้นกาแฟมาใช้ยังมีน้อยมาก ทั้งนี้อาจเป็นเรื่องของการลงทุนที่สูงหรือขาดความรู้และการยอมรับของผู้ประกอบการชาวสวนกาแฟเอง เครื่องอบลดความชื้นกาแฟแบบโรตารีเป็นเทคโนโลยีที่นิยมใช้กันมากในประเทศผู้ผลิตกาแฟชั้นนำเช่น บราซิล แต่มูลค่าการนำเข้าค่อนข้างสูงและยังไม่มีการผลิตภายในประเทศ ในประเทศไทยมีงานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องอบลดความชื้นกาแฟอยู่พอสมควร แต่ก็ยังมีจุดบกพร่องหลายส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไข เช่นเรื่องของประสิทธิภาพการใช้ความร้อนอบแห้งต่ำ เนื่องจากการยุบตัวลงอย่างมากของกาแฟเมื่อถูกลดความชื้น การกระจายลมร้อนไม่สม่ำเสมอในการอบแห้งเกิดปัญหาความชื้นแตกต่างกันมากทำให้จัดการเก็บรักษายาก ปัญหาการใช้อุณหภูมิลมร้อนที่ไม่เหมาะสมต่อการอบเมล็ดกาแฟในช่วงที่ความชื้นลดลง ทำให้อุณหภูมิเมล็ดกาแฟเพิ่มขึ้นจนทำให้คุณภาพของสารกาแฟลดลง เป็นต้น จากปัญหาที่กล่าวมาการศึกษาและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟจึงเป็นเรื่องจำเป็นมาก ผู้วิจัยจึงได้เสนอโครงการวิจัยเกี่ยวกับการลดความชื้นกาแฟที่มีประสิทธิภาพ สามารถใช้งานได้จริงและราคาไม่แพงมากนัก และการนำระบบสุญญากาศมาใช้เพื่อช่วยให้การลดความชื้นกาแฟช่วงที่ใกล้ต่อการเก็บรักษานั้น (ความชื้นในการเก็บรักษาประมาณ 12 % มาตรฐานเปียก) ต้องการรักษาคุณภาพ กลิ่น และรสชาติเป็นสำคัญ

วิธีดำเนินการและอุปกรณ์

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งขนาด 5,000 กรัม และขนาด 50 กก.
2. เครื่องวัดอุณหภูมิ
3. นาฬิกา

วิธีการดำเนินการ

การทดลองที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อนร่วมกับสุญญากาศ

1. ศึกษาทฤษฎี ข้อมูลต่างๆ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบโรตารี แหล่งความร้อน ระบบควบคุม และการอบแห้งแบบสภาวะสุญญากาศเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบ

2. ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ โดยจะออกแบบอุปกรณ์หลักๆ คือ

กรมวิชาการเกษตร

2.1 ถังอบแห้งเป็นแบบถังทรงกระบอก ความจุประมาณ 500 กิโลกรัม กาแฟผลสด หรือกาแฟกะลา

2.1.1 ออกแบบท่อกระจายลมร้อนและใบโรยคลุกเคล้าเมล็ดกาแฟภายในถังอบ

2.1.2 ออกแบบระบบขับเคลื่อนและควบคุมถังหมุนให้ได้รอบการหมุนที่เหมาะสม

2.1.3 ออกแบบระบบวาล์วในการสร้างระบบสุญญากาศภายในถังอบ

2.2 คำนวณออกแบบระบบให้ความร้อนแบบต่างๆ เพื่อใช้ในการศึกษาและประเมินประสิทธิภาพ

2.2.1 ออกแบบระบบให้ความร้อนจากหัวพ่นก๊าซหุงต้มจุดด้วยระบบไฟฟ้า พร้อมชุดควบคุมอุณหภูมิ และระบบป้องกันก๊าซสะสมกรณีไม่ติดไฟ

2.2.2 ออกแบบระบบท่อหมุนเวียนลมร้อนกลับมาใช้บางส่วนเมื่อความชื้นเมล็ดกาแฟลดต่ำลง

3. ทำการทดสอบเครื่องต้นแบบอบแห้งกับกาแฟโรบัสตา บันทึกข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ความชื้นที่ลดลง ระยะเวลาในการอบแห้ง พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ เป็นต้น พร้อมแก้ไขปรับปรุงเครื่องต้นแบบ โดยวิธีการทดสอบจะมีขั้นตอนดังนี้

3.1 เตรียมกาแฟผลสด ประมาณ 500 กิโลกรัม โหลดเข้าถังอบลดความชื้น

3.2 จุดเตาเชื้อเพลิง เปิดพัดลม เดินเครื่องการหมุนถัง ตั้งค่าอุณหภูมิที่จะใช้ในการอบแห้ง โดยทดสอบอบแห้งด้วยวิธีการอบด้วยลมร้อนในช่วงความชื้นเริ่มต้นกาแฟสูง ทำการสุ่มเมล็ดกาแฟมาหาค่าความชื้นที่ลดลงและอุณหภูมิเมล็ดที่เพิ่มขึ้น ทุกๆชั่วโมงของการอบแห้ง เมื่อความชื้นเมล็ดลดลงและอุณหภูมิเมล็ดเริ่มสูงขึ้น ให้ปรับอุณหภูมิลมร้อนลง และลดอัตราการป้อนเชื้อเพลิง ซึ่งกระบวนการต่างๆนี้ต้องทดลองและปรับค่าตามความเหมาะสมในขณะที่ทำการทดลอง

3.2 เมื่อความชื้นเมล็ดกาแฟลดลงประมาณ 30-40 % มาตรฐานเปียก ให้หยุดพักการให้ความร้อน และพักตัวเมล็ดกาแฟไว้ แล้วจึงทำการลดความชื้นเมล็ดกาแฟต่อ จนถึงความชื้นในการเก็บรักษา ประมาณ 12 % มาตรฐานเปียก

4. วิเคราะห์คุณภาพของกาแฟหลังการทำแห้งจากทุกการทดลอง

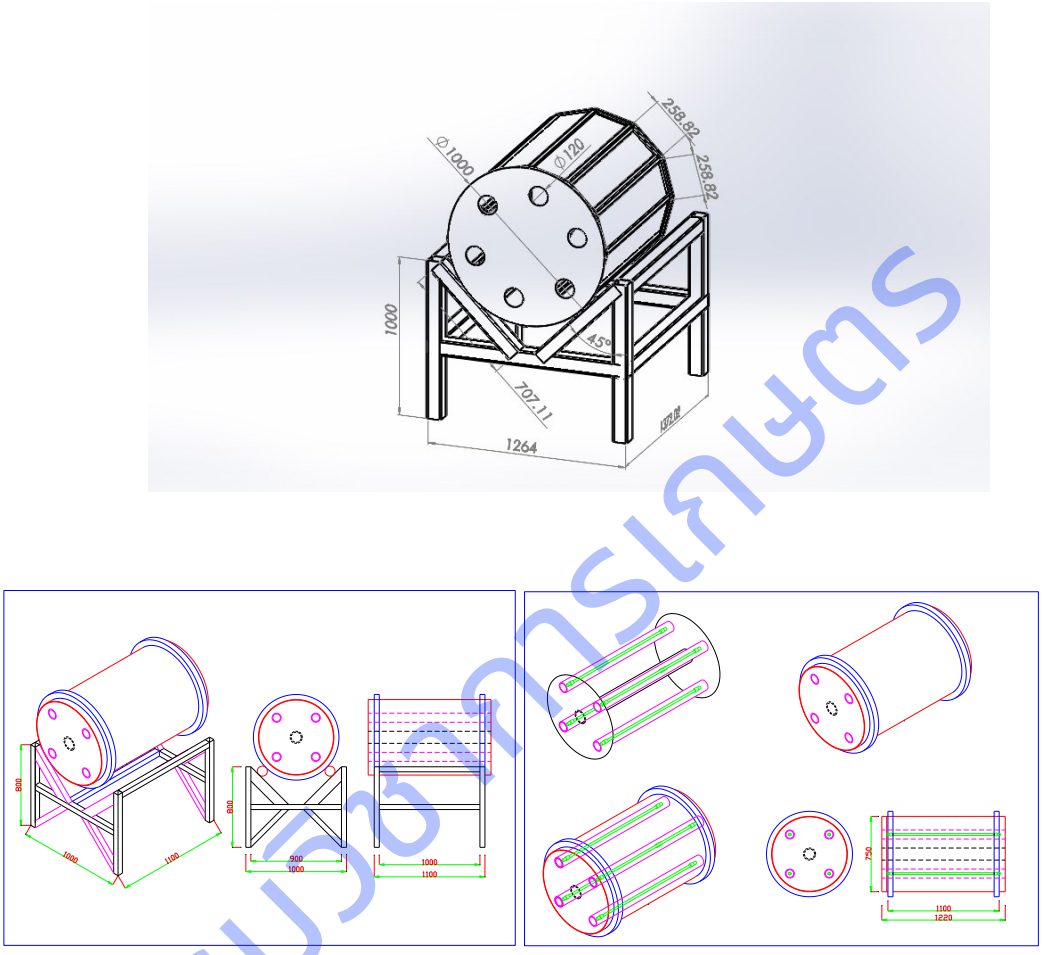
5. วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์

6. สรุปผล เสนอรายงาน เผยแพร่

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ศึกษาทฤษฎี ค้นคว้าข้อมูลในการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบโรตารี แหล่งให้ความร้อน ระบบควบคุมอุณหภูมิและการทำงานของเครื่องอบ และการอบแห้งแบบสภาวะสุญญากาศเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบ ศึกษาข้อมูลในการอบแห้งกาแฟ ความชื้นที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ นำข้อมูลที่ศึกษารวบรวมมาใช้ในการออกแบบเครื่องอบกาแฟ

กรมวิทยาศาสตร์

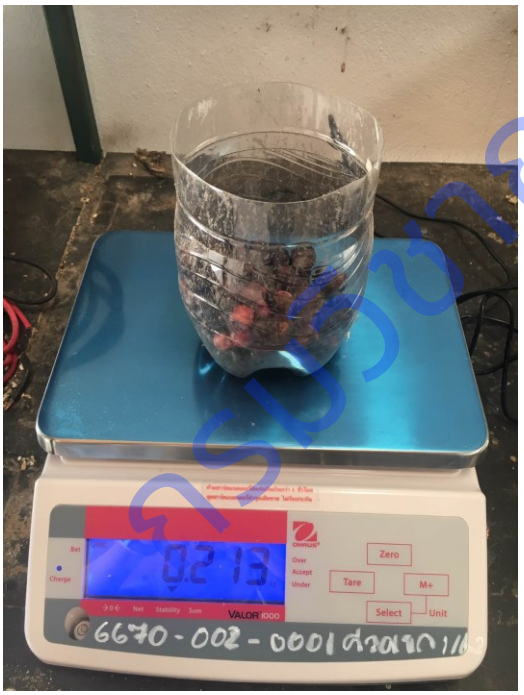


ภาพที่ 3.2 ออกแบบโครงสร้างถังบรรจุเมล็ดกาแฟสำหรับเครื่องอบแบบโรตารี

เนื่องจากผลผลิตกาแฟโรบัสต้าจะหมดฤดูกาลเก็บในช่วงเดือนมกราคม จึงทำการปรับปรุงเครื่องอบโรตารี่เดิม สำหรับใช้ในการอบเมล็ดกาแฟเพื่อเก็บข้อมูลการอบเบื้องต้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเป็นข้อมูลช่วยในการออกแบบเครื่องอบ อบเมล็ดกาแฟเพื่อหาข้อมูลน้ำหนักก่อนอบและหลังอบ และทำการตากแห้งเมล็ดกาแฟด้วยแสงแดด เพื่อเก็บข้อมูลไว้เปรียบเทียบ ทำการทดสอบอบเมล็ดกาแฟ น้ำหนักรวม 300 กิโลกรัม ความชื้นเริ่มต้น 61.97 % มาตรฐานเปียก ตั้งอุณหภูมิการอบ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง พบว่า น้ำหนักลดลงเหลือ 182.82 กิโลกรัม 37.60 % มาตรฐานเปียก

ลิขสิทธิ์ กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 3.3 ทำการปรับปรุงเครื่องอบโรตารี่เดิมเพื่อใช้ทดสอบอบกาแฟ



ภาพที่ 3.4 อบหาเมล็ดกาแฟเพื่อหาความชื้นเริ่มต้น

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 3.5 ทดสอบอบกาแฟด้วยเครื่องอบโรตารี่เดิม

ภาพที่ 3.6 ตากแห้งเมล็ดกาแฟเพื่อเก็บข้อมูลเปรียบเทียบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ลงพื้นที่เก็บข้อมูล และสอบถามความต้องการของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการเก็บผลผลิตกาแฟในฤดูกาลที่จะถึง ให้ข้อมูลรายละเอียด ลักษณะวิธีการทำงาน การใช้งานเครื่องอบลดความชื้น และร่วมปรึกษากับกลุ่มเกษตรกรในการนำเครื่องอบลดความชื้นต้นแบบไปทดสอบใช้งานอบลดความชื้นกาแฟ

ภาพที่ 3.7 ลงพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูล

ดำเนินการสร้างถังอบแบบโรตารี่ ทำการขึ้นรูปโครงสร้างถังอบ มีลักษณะเป็นถังเหล็กทรงกระบอกแนวนอน (ภาพที่ 3.8 และภาพที่ 3.9) สร้างโครงแท่นรับถังอบสำหรับเป็นแท่นรองรับถังอบลดความชื้นแบบโรตารี่ (ภาพที่ 3.10) ติดตั้งลูกกลิ้งรับถัง (ภาพที่ 3.11) สำหรับรองรับถังอบขณะหมุนเพื่อคลุกเคล้าเมล็ดกาแฟให้มีอุณหภูมิสม่ำเสมอทั่วทั้งถัง แกนกลางลูกกลิ้งจะมีลูกปืน ช่วยลดความฝืดในการหมุนถังขณะทำการอบให้หมุนตัวได้ง่าย

ภาพที่ 3.8 โครงสร้างถังอบ

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 3.9 ภาพถังอบด้านข้าง

ภาพที่ 3.10 ภาพแท่นรับถังอบ

กรมวิทยาศาสตร์

ภาพที่ 3.11 ภาพลูกกลิ้งรับถัง

ดำเนินการประกอบตู้ควบคุมการทำงานของเครื่องอบลดความชื้น โดยตู้ควบคุมจะประกอบไปด้วยส่วนควบคุมหลักๆ 2 ส่วน คือ

1) ส่วนควบคุมอุณหภูมิการอบ ส่วนนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ จะสามารถตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการอบได้ตามต้องการ หัวสำหรับจุดไฟเซนเซอร์ตรวจสอบการติดไฟของหัวเผา หากไฟไม่ติดระบบจะสั่งให้ตัดการจ่ายแก๊สและมีเสียงร้องเตือนเพื่อความปลอดภัย และสวิทซ์เปิดพัดลมสำหรับการดูดลมร้อนเข้าไปในเครื่องอบ

2) ส่วนควบคุมการหมุนของถังอบ ส่วนนี้จะประกอบไปด้วยชุดนาฬิกาตั้งเวลาจำนวน 2 ตัว ตัวแรก สำหรับการควบคุมเวลาในการหมุนถัง ตัวที่สอง สำหรับควบคุมเวลาในการหยุดหมุน ดังภาพที่ 3.12

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 3.12 ตู้ควบคุมเครื่องอบและชุดเครื่องอบ

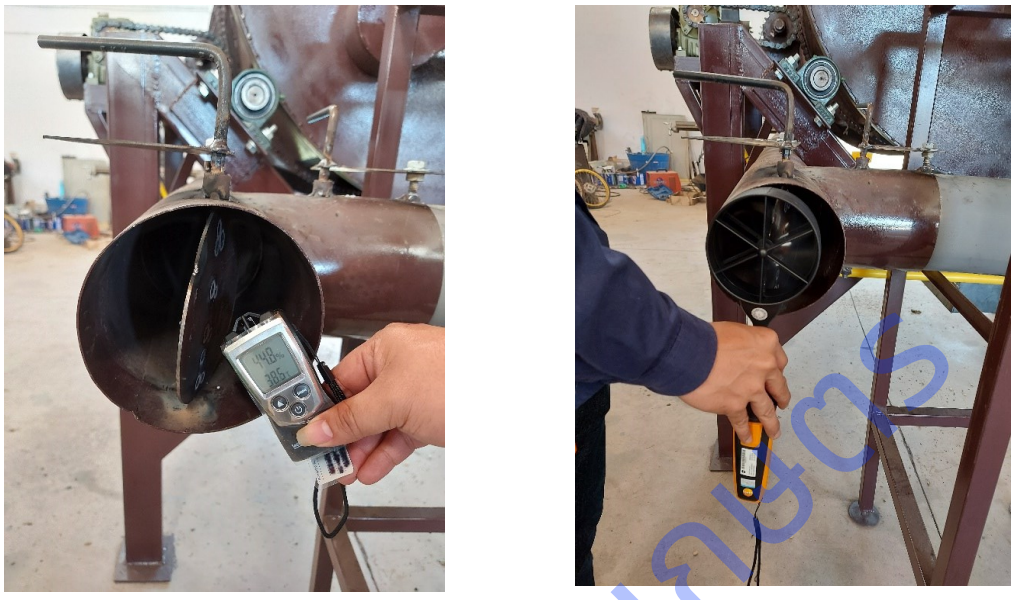
ดำเนินการทดสอบเครื่องอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟ โดยกาแฟโรบัสต้าจะนิยมทำกาแฟแบบแห้ง จึงทดสอบการลดความชื้นกาแฟเชอรี่ ทำการบรรจุเมล็ดกาแฟลงถังอบ ภาพที่ 3.14 จะเห็นท่อลมเข้าที่อยู่ด้านข้างถังอบและท่อลมออกจะอยู่แนวกึ่งกลางถังอบ ในการอบจะเติมเมล็ดกาแฟจนเต็มถังอบ ใช้เมล็ดกาแฟเชอรี่ประมาณ 500 กิโลกรัม

ภาพที่ 3.13 ขณะทำการบรรจุเมล็ดกาแฟลงถังอบ

ภาพที่ 3.14 ภาพเมล็ดกาแฟในถังอบ

สำนักวิทยบริการฯ

ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมที่ออกจากถังอบ (ภาพที่ 3.15) เพื่อวัดค่าที่ได้จากการทดสอบเปรียบเทียบกับค่าที่ใช้ในการออกแบบ ว่ามีเที่ยงตรง หรือมีความคลาดเคลื่อนจากค่าการออกแบบ นำข้อมูลไปวิเคราะห์และปรับปรุง



ภาพที่ 3.15 วัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมที่ท่อออก

เมื่อทำการอบเมล็ดกาแฟไปประมาณ 8-12 ชั่วโมง พบว่า เมล็ดกาแฟเชอรี่เกิดการยุบตัวลง จนทำให้ท่อลมออกที่ต้องมีเมล็ดกาแฟท่วมท่อขึ้นมาอยู่เหนือเมล็ดกาแฟ (ภาพที่ 3.16) ส่งผลให้ประสิทธิภาพการอบเมล็ดกาแฟลดลง เพราะเมื่อเมล็ดกาแฟยุบตัวต่ำกว่าท่อลมออก ลมร้อนที่เป่าเข้าไปเพื่อลดความชื้นเมล็ดกาแฟจะไหลออกทางท่อลมออกอย่างรวดเร็ว เนื่องจากแรงเสียดทานในส่วนท่อลมออกที่อยู่เหนือเมล็ดกาแฟจะต่ำที่สุด หากยังทำการอบต่อในสภาพนี้ จะทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอบต่ำกว่าที่ควรจะเป็น จึงถ่ายเมล็ดกาแฟออกจากเครื่องอบออกมาพักตัว แล้วจึงบรรจุเมล็ดกาแฟชุดต่อไปเข้าเครื่องอบลดความชื้นต่อไป

เมื่อนำเมล็ดกาแฟที่ผ่านการอบมาหาปริมาณความชื้น พบว่า จากความชื้นเมล็ดกาแฟเริ่มต้นก่อนอบที่ประมาณ 57.66%wb หลังจากทำการอบไปแล้ว 8-12 ชั่วโมง ความชื้นหลังอบเหลือประมาณ 36.57%wb ที่ระดับความชื้นประมาณนี้ จะสามารถลดความเสียหายของเมล็ดกาแฟได้ ในกรณีที่มีผลผลิตกาแฟเข้ามาพร้อมกันจำนวนมาก และสภาพอากาศทางภาคใต้ในช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกชุก มีความชื้นสูง เครื่องอบสามารถลดความชื้นในเมล็ดกาแฟได้อย่างรวดเร็ว ต่างกับการลดความชื้นด้วยการตาก หรือใช้โรงอบที่จะสามารถลดความชื้นได้เมื่อสภาพอากาศเหมาะสมเท่านั้น นอกจากนี้เมล็ดกาแฟที่ผ่านการอบลดความชื้นไปแล้ว ยังสามารถนำเมล็ดกาแฟไปลดความชื้นด้วยวิธีอื่นๆ จนถึงความชื้นเก็บรักษาได้หากสภาพอากาศอำนวย

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 3.16 เมล็ดกาแฟยุบตัวลง จนระดับเมล็ดกาแฟต่ำกว่าท่อลมออก

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

เครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาแบ่งส่วนประกอบของเครื่องหลักๆ ได้ 2 ส่วน คือ 1) ตู้ควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิการอบ ควบคุมการหมุนของถังอบเพื่อคลุกเคล้าเมล็ดกาแฟ และมีระบบตัดแก๊สและสัญญาณเตือนเมื่อหัวเผาจุดไฟไม่ติดป้องกันอันตราย 2) ชุดโครงสร้างรองรับถังอบและถังอบทรงกระบอกแนวนอน เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร ขนาดบรรจุประมาณ 500 กิโลกรัม สามารถอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 57.66%wb ให้เหลือประมาณ 36.57%wb ได้ในเวลา 8-12 ชั่วโมง และใช้แก๊สหุงต้มในการให้ความร้อนอบลดความชื้น 0.4-0.6 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยในการใช้งานเครื่องอบลดความชื้นนั้น สามารถใช้ผสมผสานกับการลดความชื้นด้วยการตากแห้ง หรือโรงอบได้ คือ ในช่วงที่มีผลผลิตเข้ามาเป็นจำนวนมากพร้อมๆ กัน ก็ใช้เครื่องอบเพื่อลดความชื้นผลผลิตกาแฟให้ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาสั้นๆ ก่อน แล้วค่อยไปลดความชื้นด้วยโรงตากได้ เป็นการลดความเสียหายของผลผลิตและลดควบคุมต้นทุนในการลดความชื้นไม่ให้สูงเกินไป หรือหากกรณีที่มีฝนตกการลดความชื้นแบบอื่นๆ ไม่สามารถทำได้ เครื่องอบลดความชื้นก็จะเป็นตัวช่วยที่ดีในการอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟ เครื่องต้นแบบมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 19,281.26 กก./ปี ที่อายุการใช้งาน 5 ปี

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 4
วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ
Research and Development Forming Machine for Green Tea

เกรียงศักดิ์ นักผูก สถิตย์พงศ์ รัตนคำ

Kiangsak Nukpook Satitpong Rattanakam

อภิวัฒน์ ปัญญาวงค์ อนันต์ ปัญญาเพิ่ม

Apiwat Panyawong Anun Punyaperm

สมพล นิลเวศน์

Sompol Nillavesana

คำสำคัญ : ชาเขียวอบไอน้ำ ขึ้นรูปชาเขียว เครื่องขึ้นรูปชาเขียว

Keywords: steaming green tea, tea forming, tea forming machine

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถประสงค์เพื่อให้ได้รูปลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวอบไอน้ำที่ดี โดยสร้างเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ มีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ 1.โครงสร้างฐาน 2. ถังรีด 3.ชุดเพลาลูกรีด และ 4.ชุดต้นกำลังกับระบบส่งกำลัง ได้ดำเนินการทดสอบและพัฒนาหาความเร็วรอบของลูกเบี้ยว ความสามารถในการทำงานของเครื่องรีดขึ้นรูปเขียวอบไอน้ำ ความชื้นที่เหมาะสม และการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องจักรในการแปรรูปชาเขียว พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมของลูกเบี้ยว 25 รอบ/นาที ส่งกำลังให้แขนโยกต่อไปยังแขนเหวี่ยงและชุดเพลาลูกรีดทำให้ลูกรีดเหวี่ยงไป-กลับ จำนวน 25 ครั้ง/นาที สามารถใช้ขึ้นรูปชาครั้งละ 2 กิโลกรัม ความชื้นของชาที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 27.89-30.35 %มาตรฐานเปียก ใช้เวลารีดขึ้นรูป 30 นาที จากนั้นทำการอบแห้ง หลังอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 11.82 %มาตรฐานเปียก มีลักษณะทางกายภาพของชาเขียวอบไอน้ำเป็นเส้นเล็กๆงอมีสีเขียวอ่อนผสมอยู่กับส่วนที่เป็นผงด้วย สีน้ำชาเขียวอมเหลือง มีรสฝาดชุ่มคอตามด้วยรสหวานอ่อนๆ และคิดเครื่องราคา 85,000 บาท มีจุดคุ้มทุนในการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ 873 กิโลกรัมต่อปี ต้องใช้ระยะเวลาการคืนทุน 2.91 ปี

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

The objective of research and development forming machine for green tea was obtained good characteristics of steaming green tea products by building a green tea steam forming machine. The component of cutting machine consists of 4 parts: 1) Base structure 2) Rolling drum 3) Rolling shaft and 4) power unit and transmission system. This experiment was operated by testing and development for the speed of the cam, capacity of steam green roll forming machine, suitable humidity and economic analysis. The result found that the optimum speed of the cam was 25 rpm that sending the power to the rocker arm to the crankcase and the roller shaft, causing the rolling ball to be centrifuged back and forth 25 times/min. forming tea 2 kg. The optimum moisture content of tea was of 27.89-30.35% wet basis forming time was 30 minutes that after drying the moisture content of tea was 11.82% wet basis. The steamed green tea characteristics was thin, bent, mixed with light green strands in the powder. The color or tea was yellow green. It had a tart flavor followed by a mild sweet flavor. The machine price is 85,000 baht, with a break-even point in processing 873 kg of steamed green tea, requiring a payback period of 2.91 years.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกชาประมาณ 129,566 ไร่ พันธุ์ชาที่ปลูก คือ พันธุ์ชาอัสสัม 87% และชาจีน 13% จังหวัดเชียงรายเป็นแหล่งปลูกสำคัญอันดับหนึ่งของไทย ในปี 2562 มีการส่งออกในรูปชาแห้ง 3,314 ตัน และผลิตภัณฑ์ชา 3,631 ตัน มีมูลค่าประมาณ 591 และ 300 ล้านบาท และมีการนำเข้าในรูปชาแห้ง 14,335 ตัน และผลิตภัณฑ์ชา 194 ตัน มีมูลค่าประมาณ 691 และ 89 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร , 2563) แม้ว่าประเทศไทยมีการส่งออกชา แต่ก็มีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ชาจากต่างประเทศเป็นจำนวนมากทั้งที่มีการผลิตชาภายในประเทศเป็นจำนวนมาก เนื่องจากชาที่ผลิตได้ในประเทศยังมีคุณภาพไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันยังขาดขบวนการและเครื่องจักรกลในการแปรรูปที่เหมาะสมกับการผลิตชาแต่ละชนิด ในการแปรรูปต้องใช้พันธุ์ชาที่เหมาะสม เช่น ชาอัสสัมเหมาะสำหรับแปรรูปเป็นชาฝรั่ง ส่วนชาในกลุ่มชาจีนหรือชาญี่ปุ่นเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นชาใบ (ชาจีนและชาเขียว) แต่ส่วนใหญ่เกษตรกรจะผลิตชาต่างๆจากชาพันธุ์พื้นเมือง (ชาลูกผสมระหว่างชาอัสสัมและชาจีน) ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ชาที่ได้มีคุณภาพต่ำ ราคาประมาณ 70-80 บาท/กก. ปัญหาที่สำคัญมากสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกชา คือ เครื่องจักรกลสำหรับใช้แปรรูปเป็นชาทุกชนิดมีราคาแพง และเป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศ ที่มีราคาสูงเกินกว่าเกษตรกรไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลนั้นได้ การที่จะทำให้เกิดการพัฒนาชาให้ดีได้ต้องมีเครื่องจักรกลที่ดีสำหรับใช้ในการแปรรูปชาแต่ละชนิดอย่างเหมาะสมด้วย จากรายงานการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตในจังหวัดเชียงราย พบว่า โรงงานผลิตชาหนึ่งโรงต้องใช้เงินทุนรวมทั้งสิ้นประมาณ 12.56 ล้านบาท เป็นค่าเครื่องจักรประมาณ 4.37 ล้านบาท (กรมส่งเสริมอุสาหกรรม , 2552) ทำให้ผู้ประกอบการรายย่อยไม่สามารถซื้อเครื่องจักรกลแปรรูปมาดำเนินการแปรรูปเองได้ ดั้งนั้น การวิจัยพัฒนาเครื่องแปรรูปชาต้นแบบหรือทดสอบพัฒนาเครื่องแปรรูปที่นำเข้ามาจากต่างประเทศให้เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศ และการวิจัยสร้างเครื่องต้นแบบให้มีราคาถูกลง สามารถผลิตเครื่องมือแปรรูปในประเทศได้ ทำให้ผู้ประกอบการรายย่อยสามารถซื้อเครื่องมือแปรรูปไปดำเนินการแปรรูปเองได้นับว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่ง สำหรับการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำนั้นเป็นกระบวนการผลิตที่นิยมกันในประเทศญี่ปุ่น กระบวนการผลิตนี้ มีการผลิตในประเทศไทยน้อยมาก เนื่องจากขาดเครื่องมือที่ต้องใช้ในการผลิต ในปัจจุบันได้มีเครื่องมือต้นแบบจากงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตรแล้ว คือ เครื่องอบไอน้ำชาเขียวกับชุดหม้อต้มน้ำ (เกรียงศักดิ์และชวนชื่น 2554) เครื่องนวดทรงกระบอกสำหรับชาเขียว (เกรียงศักดิ์และคณะ 2559) และเครื่องนวดลดความชื้นชาเขียวด้วยลมร้อนกับเครื่องอบแห้งชาเขียว (เกรียงศักดิ์และชวนชื่น 2554) ยังขาดเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ การวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการ วิจัยพัฒนาเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ สำหรับกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำเพื่อให้ได้รูปลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวอบไอน้ำที่ดี ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาการแปรรูปชาและผลิตภัณฑ์ชาของประเทศไทย ให้มีคุณภาพสูงขึ้นทำให้สามารถส่งผลิตภัณฑ์ชาของไทยออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้นในอนาคต

กรมวิชาการเกษตร

วิธีดำเนินการและอุปกรณ์

อุปกรณ์

1. ตู้อบแห้งฮีตเตอร์สำหรับอบตัวอย่าง
2. นาฬิกาจับเวลา
3. กล้องบันทึกภาพ

4 ตาชั่งละเอียดขนาด 200 กรัม, ขนาด 7 กก. และขนาด 50 กก.

5 เครื่องจักรที่ต้องใช้ในการแปรรูป มี เครื่องอบไอน้ำชาเขียวพร้อมชุดหม้อต้ม เครื่องนวดลดความชื้นชาเขียวด้วยลมร้อน เครื่องนวดทรงกระบอก ต้นแบบเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ และเครื่องอบแห้งชาเขียว

วิธีการดำเนินการ

1) ตรวจเอกสารข้อมูลกระบวนการแปรรูปและเครื่องมือที่ใช้แปรรูปชาเขียวชนิดอบไอน้ำที่มีอยู่ในปัจจุบันและศึกษาการทำงานของเครื่องขึ้นรูปชาเขียวชนิดอบไอน้ำของต่างประเทศ ทำการวิเคราะห์หลักการทำงาน หาข้อมูลการออกแบบเพื่อขับเคลื่อนอุปกรณ์ส่งกำลังจากมอเตอร์ที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบวง ส่งกำลังผ่านแขนตัวกลางเคลื่อนที่แบบเลื่อนส่งผ่านกำลังไปแขนถัดไปให้เป็นการเคลื่อนที่เหวี่ยงกลับไปมา มีแนวคิดขึ้นรูปชาในถังรูปครึ่งวงกลม โดยใช้ชุดเพลาหมุนเหวี่ยงลูกรีดให้เวียงหมุนไป-กลับ อยู่ภายในถังทรงครึ่งวงกลม ผิวของลูกรีดจะกดและรีดให้ชาเป็นเส้นเล็กๆ

2) ออกแบบและวิเคราะห์ภาระโหลดที่เกิดขึ้น ในชิ้นส่วนต่างๆของแขนกลไกชิ้นต่อโยงส่งถ่ายการเคลื่อนที่แบบหมุนเหวี่ยงไปขับเคลื่อนชุดเพลาลูกรีดกดชิ้นชาเขียวภายในภาชนะถังรีดทรงโค้ง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหามาวิเคราะห์ในทางวิศวกรรม คือ ภาระที่เกิดขึ้นทั้งแรงในแนวแกนและภาระการดัด สภาพการกระทำของโหลดแต่ละตัวที่เกิดขึ้นมีผลก่อให้เกิดการกระจายภาระความเค้นและความเสียหายอย่างไร โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์

3) สร้างต้นแบบเครื่องมือขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำและทดสอบเบื้องต้น โดยพิจารณาให้ความสำคัญในส่วนของชุดเพลาลูกรีดและลักษณะของถังรีด เก็บข้อมูลสภาพการทำงานของชิ้นส่วนต่างในภาพรวม นำข้อบกพร่องที่พบจากการทดสอบมาทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิด ทำการสังเคราะห์ปัญหาที่เกิดในการทดสอบเบื้องต้น จากนั้นทำการปรับปรุงโดยออกแบบและสร้างชิ้นส่วนใหม่หรือแก้ไขชิ้นส่วนตัวเดิมให้ดีขึ้นจากผลการทดสอบเบื้องต้น จากนั้นจึงทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสมสำหรับลูกเบี้ยว โดยการปรับระดับความถี่ของกระแสไฟฟ้าของชุดอินเวอร์เตอร์ที่ป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์เพื่อทดสอบสภาพการทำงานที่ความเร็วรอบ 15,20,25,30 และ 35 รอบ/นาที จากนั้นทดสอบระบบการทำงานของเครื่องต้นแบบทั้งระบบ พร้อมทั้งแก้ไขปรับปรุงจนได้เครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำสมบูรณ์

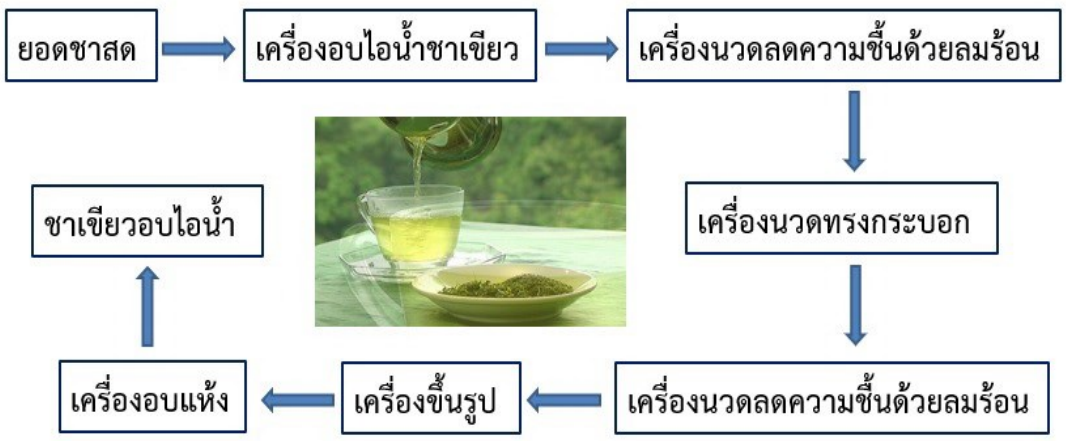
กรมวิชาการเกษตร

4) ทดสอบเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำในกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ (ภาพที่ 1) ทดสอบความสามารถในการขึ้นรูปครั้งละ 2 กิโลกรัม เก็บข้อมูลโดยการสุ่มตัวอย่างชาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแปรรูปออกมาจำนวน 10 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำจำนวน 20 ตัวอย่าง เพื่อเก็บข้อมูลระดับความชื้นในแต่ละขั้นตอนในการแปรรูปและหาความชื้นที่เหมาะสมของชาสำหรับทำการขึ้นรูป โดยพินิจด้วยสายตาดูลักษณะทางกายภาพของชิ้นชาเขียวอบไอน้ำ

5) เก็บข้อมูลการทดสอบและการใช้งานในระยะยาว เพื่อหาปัญหาการใช้งานในระยะยาวและทำการแก้ไขจนได้เครื่องต้นแบบที่สมบูรณ์ วิเคราะห์ผลการทดสอบตลอดทั้งการทดลอง ทำการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ในส่วนของความคุ้มทุนในการผลิตชาเขียวอบไอน้ำ เพื่อให้ได้ข้อสรุปและเขียนสรุปรายงานการวิจัยสิ้นสุด

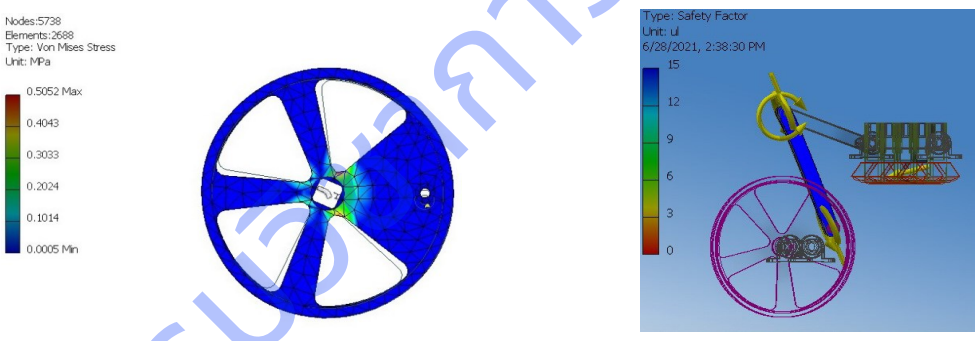
ผลการทดลองและอภิปรายผล

ปัจจุบันชาในประเทศไทย พบว่า สายพันธุ์ชาที่ปลูกแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ พันธุ์ชาอัสสัมและพันธุ์ชาจีน กลุ่มพันธุ์ชาอัสสัมบางครั้งเรียกว่า ชาพื้นเมือง ชาป่า หรือชาเมี่ยง คิดเป็นพื้นที่ปลูกชาอัสสัม 84.4% จำนวน 98,544 ไร่ ราคาขายใบ ชาอัสสัมสดและใบชาจีนสดเฉลี่ย 12 และ 50 บาทต่อกิโลกรัม ผลิตใบชาสดของประเทศไทยทั้งสิ้น 81,074 ตัน ซึ่งใบชาสด 77% นำมาผลิตเป็นใบชาแห้ง และ 23% นำไปผลิตเป็นเมี่ยง ในการผลิตชาแห้ง ใช้ชาอัสสัมคิดเป็น 96% ที่เหลือเป็นชาจีน ส่วนการผลิตเมี่ยงใช้เฉพาะชาอัสสัม ชาแห้งที่ผลิตในประเทศไทยแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ (สายลม และคณะ 2550) สมพล และคณะ 2558 ได้ทดสอบการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ มีขั้นตอนในการผลิต คือ เริ่มจากการเก็บยอดชานำมาอบไอน้ำ 100 เซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 60-90 วินาที นำไปนวดและอบไอร้อนที่อุณหภูมิ 90 เซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 30 นาที นำไปนวดต่อที่อุณหภูมิห้อง 25 เซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 20 นาที นำไปนวดอบไอร้อนอีกครั้งที่อุณหภูมิ 90 เซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 40 นาที และอบแห้ง จากนั้นจึงทำการคัดแยกและบรรจุหีบห่อ สำหรับงานวิจัยนี้มีกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำเพิ่มขึ้นหนึ่งขั้นตอน คือ นำยอดชาสดเข้าเครื่องอบไอน้ำชาเขียวต่อด้วยเครื่องนวดลดความชื้นด้วยลมร้อนต่อด้วยการนวดในเครื่องนวดทรงกระบอกแล้วนำกลับไปนวดด้วยเครื่องนวดลดความชื้นด้วยลมร้อนอีกครั้ง จากนั้นนำเข้าเครื่องขึ้นรูปและต่อด้วยเข้าเครื่องอบแห้ง เมื่อแห้งแล้วก็ได้ชาเขียวอบไอน้ำ (รูปที่ 1)



ภาพที่ 4.1 เครื่องจักรกลในกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ

เมื่อดำเนินการออกแบบชิ้นส่วนหลักเสร็จแล้ว จากนั้นวิเคราะห์โดยการจำลองสภาพภาระที่เกิดขึ้นบนชิ้นส่วนในทางวิศวกรรมศาสตร์ มีภาระที่เกิดขึ้นจากมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ คำนวณโมเมนต์บิดของมอเตอร์ T =(1500×60) /(2 ×π ×1450) = 9.88 นิวตัน • เมตร และแรงฉุดที่เกิดจากโมเมนต์บิดของมอเตอร์ที่ลูกเบี้ยว F=T/r =9.88/(0.200) = 49.4 นิวตัน ใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์ดูการกระจายความเค้นและในส่วนของค่าความปลอดภัยในการออกแบบ พบว่า ชิ้นส่วนทั้งหมดที่ออกแบบไว้ไม่เกิดความเสียหาย ในที่นี้ได้มีการแสดงสภาพการกระจายความเค้นบนชิ้นส่วนลูกเบี้ยว (ภาพที่ 4.2ก) และแสดงภาระที่เกิดขึ้นบนแขนโยกพร้อมค่าความปลอดภัย (ภาพที่ 4.2ข) โดยแสดงเป็นเฉดสีที่แตกต่างกันพร้อมกับมีจำนวนตัวเลขกำกับ ชิ้นส่วนอื่นให้ผลในทำนองเดียวกัน



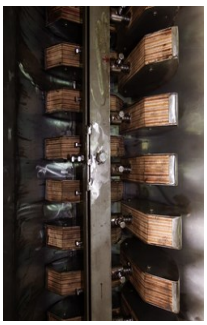
ก ข

ภาพที่ 4.2 ก การกระจายความเค้นบนลูกเบี้ยว ข แสดงค่าความปลอดภัยของแขนโยก

ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำในเบื้องต้นหลังจากได้ทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เสร็จแล้ว ในขั้นตอนแรกได้ดำเนินการทดสอบดูสภาพการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนที่เชื่อมโยงเคลื่อนไหวต่อเนื่องกัน โดยการออกแรงหมุนที่ลูกเบี้ยว เพื่อดูการบิดหรือการขัดตัวของชิ้นส่วนต่างๆ และปรับแต่งระยะแขนเหวี่ยงให้มีการทำงานที่สอดรับกันกับแขนโยก (ภาพที่ 4.3 ก,ข,ค) รวมทั้งพิจารณาการเคลื่อนที่เหวี่ยงไปกลับของเพลากับชุดลูกรีดได้ดีแล้ว จากนั้นได้ทำการทดสอบในการรีดขึ้นรูปชาเขียวในเบื้องต้น พบว่า ชุดใบรีดจะกวาดใบชาขึ้นลงได้ และใบชาที่ตกลงไปใต้ใบรีดจะถูกรีดฉีกขาดหรือถูกบดเป็นผง เนื่องจากความเรียบมันของผิวมีน้อยทำให้เกิดเสียดสีเป็นจุด ไม่

กรมวิทยาศาสตร์

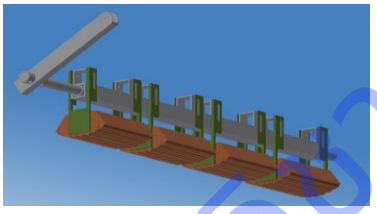
สมดุลทั้งชิ้นวัสดุ ทำให้เกิดการฉีกขาดเละติดกับผนังของใบรีดและถังรีด จึงได้ทำการปรับปรุงออกแบบชุดเพลาพร้อมลูกรีดและถังรีดใหม่ โดยทำให้ลูกรีดมีความยาวมากขึ้น ผิวหน้าลูกรีดทำให้มียักนูนตามรัศมีมีความยาวเท่ากับของลูกรีด จำนวน 7 เส้น และผิวของถังรีดก็ทำให้มีผิวยักนูนด้วย หลังทำการปรับปรุง พบว่า เครื่องสามารถรีดเป็นเส้นเล็กม้วนมีความเหมาะสมกว่า เนื่องจากในกลุ่มเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำต้องแปรรูปเป็นชาเขียวอบไอน้ำแบบญี่ปุ่น ลักษณะที่ต้องการคือรีดม้วนเป็นเส้นเล็ก (ภาพที่ 4.3 ง,จ)



ก

ข

ค



ง

จ

ภาพที่ 4.3 ก.ชุดเพลาและลูกรีด ข.ด้านข้างเครื่องขึ้นชาเขียวอบไอน้ำเบื้องต้น ค. ด้านหลังเครื่องขึ้นชาเขียวอบไอน้ำเบื้องต้น ง โครงสร้างเพลาและลูกรีด จ ถังและเพลาที่สร้างตามแบบใหม่

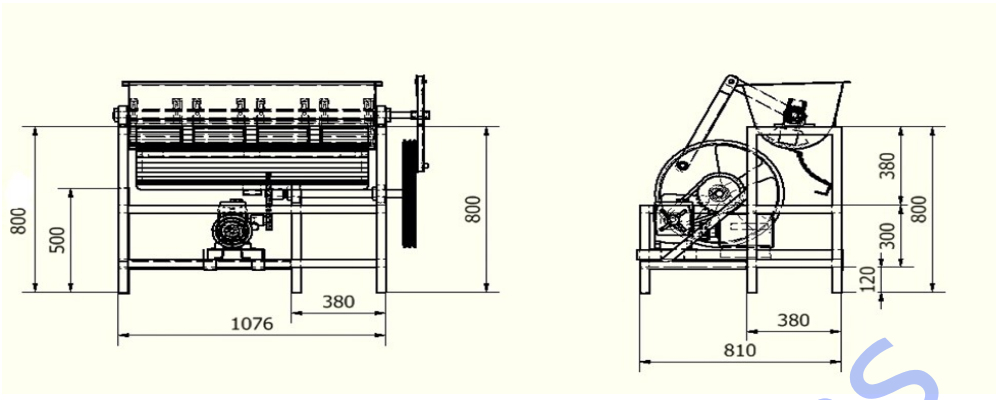
ผลทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสมสำหรับลูกเบี้ยว พบว่า สภาพการทำงานของเครื่องมีความราบเรียบสม่ำเสมอดีมากแล้วในเบื้องต้นนี้ ความเร็วที่เหมาะสมกับการทำงานอยู่ที่ 25 รอบต่อนาที ผู้ใช้งานเครื่องมีความมั่นใจรู้สึกปลอดภัยสามารถทำงานกับเครื่องได้สะดวกทำการเกลี่ยชาในถังรีดให้ตกลงไปใต้ลูกรีดสม่ำเสมอ

ผลจากการออกแบบและทำการสอบพัฒนา จึงได้ต้นแบบเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ ซึ่งมีชิ้นส่วนหลักที่สำคัญประกอบด้วย 4 ส่วน โครงสร้างส่วนฐาน ถังรีด ชุดเพลารีด และระบบส่งกำลัง มีต้นกำลังมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ โครงสร้างส่วนต่างๆ มีรายละเอียด คือ

1.โครงสร้างฐาน ทำจากเหล็กกล่องขนาด 38 x 38 x1.6 มิลลิเมตร มีขนาดกว้าง 1074 มิลลิเมตร สูง 800 มิลลิเมตร และด้านข้างมีความยาว 380 มิลลิเมตร ด้านหลังมีโครงสร้างต่อยาวออกไป สำหรับยึดเพลาลูกเบี้ยว เมื่อมองด้านข้างจึงมีความกว้าง 810 มิลลิเมตร มีความสูง 420

กรมวิชาการเกษตร

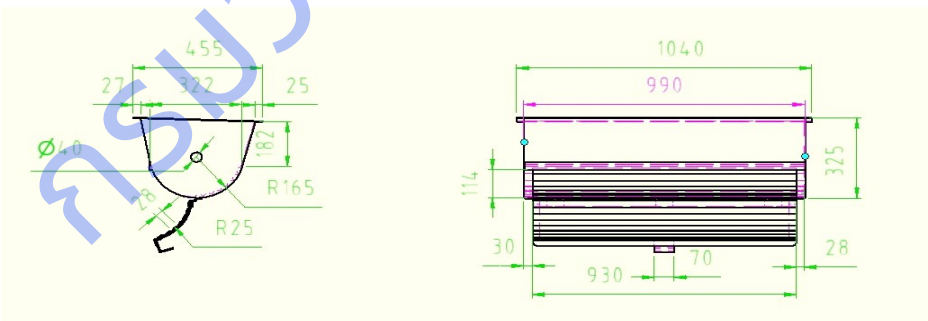
มิลลิเมตร และด้านหลังต่อกับโครงสร้างเพลาลูกเบี้ยวมีส่วนของโครงสร้างส่วนที่ยึดฐานของมอเตอร์และชุดเกียร์ทด สูงจากระดับพื้นขึ้นมา 120 มิลลิเมตร มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมกว้าง 428 มิลลิเมตร ยาว 734 มิลลิเมตร (ภาพที่ 4.4 ก,ข)



ก ข

ภาพที่ 4.4 ก ภาพฉายด้านหน้า ข ภาพฉายด้านข้าง

2. ถังรีดทำจากแผ่นแสตนเลสหนา 1.5 มิลลิเมตร ส่วนล่างของถังมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลมรัศมีภานนอก 165 มิลลิเมตร ต่อส่วนโค้งบานออกสูงขึ้นไป 182 มิลลิเมตร ปากถังด้านบนมีลักษณะรูปรางเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 405 มิลลิเมตร และยาว 990 มิลลิเมตร ตลอดแนวขอบทั้งสี่ด้านยึดแน่นกับแสตนเลสฉากขนาด 25 x 25 x 3 มิลลิเมตร ส่วนล่างที่เป็นส่วนโค้งครึ่งวงกลมของถังทำให้มีลักษณะผิวหยาบ คือทำให้เป็นผิวนูนด้วยแผ่นแสตนเลสเส้นมีส่วนโค้งของหน้าตัดมีรัศมี 25 มิลลิเมตร มีขนาดกว้าง 28 มิลลิเมตร หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 990 มิลลิเมตร และส่วนฝาเปิดก็ทำให้ผิวหยาบมีลักษณะผิวนูนเหมือนกัน (ภาพที่ 4.5 ก,ข)

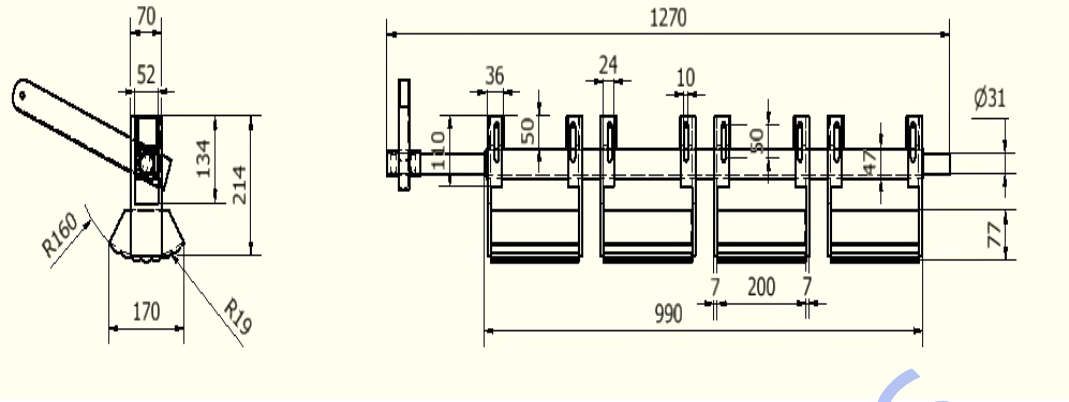


ภาพที่ 4.5 ถังรีด

3.ชุดเพลาลูกรีดทำจากเพลาแสตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร ยาว 1270 มิลลิเมตร บนเพลานี้มีปลอกเพลาทำจากแสตนเลสหน้าตัดสี่เหลี่ยมขอบนอกมีขนาดขนาด 50 x 50 x 3 มิลลิเมตร ยาว 985 มิลลิเมตร บนปลอกเพลาตัวนี้ทำที่ยึดแกนลูกรีดสำหรับติดตั้งลูกรีดลงบนปลอกเพลา 4 ลูก ลูกรีดมีผิวรัศมีโค้ง 160 มิลลิเมตร ความยาว 200 มิลลิเมตร กว้าง 170 มิลลิเมตร ผิวหน้าลูกรีดทำให้มีลักษณะผิวหยาบเป็นยักนูน โดยติดแสตนเลสเส้น มีส่วนโค้งของหน้าตัดมีรัศมี 25

กรมวิชาการเกษตร

มิลลิเมตร มีขนาดกว้าง 28 มิลลิเมตร หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร ตามแนวรัศมีส่วนโค้งด้านนอกของลูกรีด จำนวน 7 เส้น ทำให้มีผิวยักนูนตลอดแนวส่วนโค้งของลูกรีด (ภาพที่ 4.6)



ก ข

ภาพที่ 4.6 ก ด้านหน้าชุดเพลาลูกรีด ข ด้านข้างชุดเพลาลูกรีด

4.ต้นกำลังและระบบส่งกำลัง ประกอบด้วย ต้นกำลังมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที เกียร์ทด 40:1 ชุดโซ่และเฟืองใช้แบบโรลเลอร์ชั้นเดียวเบอร์ 60 ใช้เฟืองโซ่ตัวขับ 15 ฟัน ติดตั้งที่เพลาเกียร์ทด ตัวตาม 23 ฟัน ติดที่เพลาลูกเบี้ยว เพลาลูกเบี้ยวทำจากเหล็กเพลาขาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร ปลายอีกด้านเป็นที่ติดตั้งลูกเบี้ยวทำจากล้อสายพานเหล็กหล่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 517 มิลลิเมตร.ร่องบีสองรอง ลูกเบี้ยวหมุนด้วยความเร็ว 25 รอบ/นาที ส่งกำลังผ่านแขนโยกทำจากแสตนเลสกล่องขนาด 50 x 25 x3 มิลลิเมตร ยาว 510 มิลลิเมตร และต่อไปยังแขนเหวี่ยงทำจากแสตนเลสกล่องขนาด 50 x 25 x3 มิลลิเมตร ยาว 370 มิลลิเมตร ปลายอีกด้านของแขนเหวี่ยงยึดติดกับชุดเพลาลูกรีดทำให้แขนเหวี่ยงและลูกรีดเหวียงไปกลับ 25 ครั้ง/นาที (ภาพที่ 4.7 ก)

หลักการทำงานของเครื่องรีดขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ คือ เปิดสวิทช์มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที ส่งกำลังผ่านคลับปลิงไปที่เกียร์ทด ความเร็วรอบที่ออกจากเกียร์ทด 36 รอบ/นาที เกียร์ทดส่งกำลังผ่านชุดโซ่และเฟืองไปที่เพลาลูกเบี้ยว ทำให้เพลาลูกเบี้ยวและลูกเบี้ยวหมุนด้วยความเร็ว 25 รอบ/นาที ส่งกำลังผ่านแขนโยกต่อไปยังแขนเหวี่ยง ซึ่งลูกเบี้ยวนี้มีการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบเพลาส่งกำลังไปยังแขนโยกที่มีการเคลื่อนที่แบบเลื่อนและโยกขึ้นและลง ที่ปลายอีกด้านของแขนโยกยึดติดกับปลายแขนเหวี่ยง ทำให้แขนเหวี่ยงมีการเคลื่อนที่แบบเหวี่ยงขึ้นลง ปลายอีกด้านของแขนเหวี่ยงยึดติดกับเพลาลูกรีดที่มีชุดลูกรีดติดอยู่ทำให้ลูกรีดเหวี่ยงไป-กลับ จำนวน 25 ครั้ง/นาที ผิวลูกรีดจะกดชารีดกลับผนังด้านในของถังรีด

กรมวิชาการเกษตร

ก ข

ภาพที่ 4.7 โครงสร้างเครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ

ผลจากการทดสอบและเก็บข้อมูลในแต่ละขั้นตอนในการแปรรูปชาเขียว เริ่มจากสุ่มตัวอย่างจากยอดชาสดที่เก็บจากแปลงปลูกก่อนการอบไอน้ำด้วยเครื่องอบไอน้ำ (ภาพที่ 4.8ก) ยอดชาอบไอน้ำที่ออกจากเครื่องอบไอน้ำมาต้องคลี่ออกวางกระจายบนถาดผึ่งลมให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 4.8ข) เพื่อให้เสด็จน้ำด้วยการผึ่งประมาณ 20 นาที สุ่มตัวอย่างจากยอดชาจากนั้นนำยอดชาเข้าเครื่องนวดลดความชื้น 30 นาที (ภาพที่ 4.8ค) ต่อด้วยการนำเข้าเครื่องนวดทรงกระบอก 20 นาที (ภาพที่ 4.8ง) แล้วเข้าเครื่องนวดลดความชื้นประมาณ 10-20 นาที (ภาพที่ 4.8จ) ทำการตรวจเช็คจากเจ้าหน้าที่ชำนาญในการแปรรูปว่ามีความเหมาะสมแล้วจึงนำยอดชาไปเข้าเครื่องรีดขึ้นรูปประมาณ 30 นาที (ภาพที่ 4.8ฉ) และทำการอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบตู้สี่เหลี่ยมประมาณ 30 นาที (ภาพที่ 4.8ช)

ก **ข** **ค** **ง**

จ **ฉ** **ช** **ซ**

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 4.8 ก ยอดชาสด ข อบไอน้ำยอดชา ค นวดลดความชื้นครั้งที่ 1 ง นวดในเครื่องนวดทรงกระบอก จ นวดลดความชื้นครั้งที่ 2 ฉ รีดขึ้นรูป ช อบแห้ง ซ ชาเขียวหลังอบแห้ง

การสุ่มตัวอย่างทำหลังเสร็จทุกขั้นตอน เพื่อหาระดับความชื้น พบว่า ยอดชาสดมีความชื้น 78.90%มาตรฐานเปียก หลังจากอบไอน้ำแล้วผึ่งมีความชื้น 78.36% มาตรฐานเปียก จากนั้นนำเข้าเครื่องนวดลดความชื้นครั้งแรกเสร็จมีความชื้น 60.32% มาตรฐานเปียก ต่อด้วยการนวดในเครื่องนวดทรงกระบอกเสร็จมีความชื้น 55.59%มาตรฐานเปียก นำเข้าเครื่องนวดลดความชื้นครั้งที่สองเสร็จมีความชื้น 30.35%มาตรฐานเปียก จากนั้นนำชาเข้าเครื่องรีดขึ้นรูปเพราะมีระดับความชื้นที่เหมาะสมแล้วหลังจากรีดขึ้นรูปแล้วชามีความชื้น 27.89%มาตรฐานเปียก และสุดท้ายนำเข้าเครื่องอบแห้งหลังอบแห้งเสร็จมีความชื้น 11.82%มาตรฐานเปียก (ภาพที่ 4.8ซ) พิจารณาลักษณะทางกายภาพของชาเขียวอบไอน้ำมีลักษณะส่วนที่เป็นผงและส่วนที่เป็นชิ้นของชาเขียวมีรูปลักษณะที่ม้วนเป็นเส้นพินิจด้วยสายตาในภาพโดยรวมมีส่วนที่เป็นเส้นเล็กงอมีสีเขียวอ่อนเข้ม เมื่อชงชา 3 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที ได้น้ำชาสีเขียวอมเหลือง มีรสฝาด ตามด้วยรสหวานชุ่มคอ

ตารางที่ 4.1 ความชื้นในยอดชาหลังจากผ่านขั้นตอนในแต่ละกระบวนการแปรรูป

กระบวนการ	ใบชาสด	อบไอน้ำ	อบไอร้อน 1	นวดทรงกระบอก	อบไอร้อน 2	การขึ้นรูป	อบแห้ง
ซ้ำ	เปอร์เซ็นต์ความชื้น						
1	79.57	78.85	65.99	60.33	29.97	28.38	11.73
2	79.43	78.42	52.65	52.97	30.77	29.45	12.33
3	76.64	77.81	55.67	52.97	26.18	24.76	11.44
4	75.90	75.90	57.58	54.45	29.97	26.77	12.59
5	79.57	79.82	55.75	52.88	32.94	30.17	11.94
6	79.61	77.69	62.45	56.46	28.38	26.60	11.29
7	78.37	79.61	62.93	55.52	30.45	27.97	11.79
8	78.18	77.08	62.45	57.31	33.78	29.07	10.94
9	80.81	79.59	62.93	55.75	30.80	28.46	12.31
10	80.88	78.86	64.78	57.28	29.29	27.29	11.87
ค่าเฉลี่ย	78.90	78.36	60.32	55.59	30.35	27.89	11.82
ค่าเบี่ยงเบน	1.64	1.25	4.52	2.39	2.07	1.59	0.51

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

เครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ มีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ 1.โครงสร้างฐาน 2. ถังรีด 3.ชุดเพลาลูกรีด และ4.ต้นกำลังและระบบส่งกำลัง ได้ดำเนินการทดสอบ หาความเร็วรอบของลูกเบี้ยว ความชื้นที่เหมาะสม ความสามารถในการทำงานของเครื่องรีดขึ้นรูปเขียวอบไอน้ำ และการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องจักรในการแปรรูปชาเขียว พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมของลูกเบี้ยว 25 รอบ/นาที ส่งกำลังให้แขนโยกต่อไปยังแขนเหวี่ยงและชุดเพลาลูกรีดทำให้ลูกรีดเหวี่ยงไป-กลับ จำนวน 25 ครั้ง/นาที เครื่องรีดขึ้นรูปชาสามารถใช้ขึ้นรูปครั้งละ 2 กก ชาต้องผ่านการนวดด้วยเครื่องนวดลดความชื้นชาเขียวด้วยลมร้อนครั้งที่สองแล้วและต้องมีความชื้นอยู่ในช่วง 27.89-

30.35% เป็นความชื้นที่เหมาะสม ใช้เวลารีดขึ้นรูป 30 นาที จึงนำเข้าเครื่องอบแห้งหลังอบแห้งมีความชื้น 11.82% พิจารณาลักษณะทางกายภาพของผลผลิตชาเขียวอบไอน้ำ มีรูปลักษณะที่เป็นเส้นเล็กๆงอมีสีเขียวอ่อนผสมอยู่กับส่วนที่เป็นผงด้วย และเครื่องราคา 85,000 บาท มีจุดคุ้มทุนในการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ 873.19 กก. ระยะเวลาคืนทุน 2.91 ปี

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

เครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟอะราบิกาประกอบด้วยการทำงานสองส่วน คือส่วนตะแกรงโยกทำความสะอาดเบื้องต้น ทำหน้าทีคัดแยกเศษวัสดุต่างๆ ได้แก่เศษวัสดุขนาดเล็กด้วยตะแกรงรูยาวขนาด 8x20 มิลลิเมตร มีความยาว 1 เมตร และ คัดแยกเศษวัสดุขนาดใหญ่กว่าผลกาแฟ ด้วยตะแกรงรูกลม ขนาด 22 มิลลิเมตร ความยาว 1 เมตร ผลกาแฟที่ผ่านการทำความสะอาดเบื้องต้นแล้วจะไหลไปสู่ส่วนที่สอง ได้แก่ ชุดคัดแยกผลกาแฟเสียโดยใช้ความถ่วงจำเพาะ ทำหน้าที่ในการคัดแยกผลกาแฟด้อยคุณภาพ ออกจากผลกาแฟสมบูรณ์ โดยใช้คุณสมบัติด้านความถ่วงจำเพาะ ผลกาแฟด้อยคุณภาพจะเบากว่าน้ำเนื่องจากเมล็ดกาแฟภายในผลไม่สมบูรณ์และจะลอยที่ผิวน้ำผ่านออกไปทางท้ายรางผลกาแฟลอยที่มีขนาด 20 เซนติเมตร ส่วนผลกาแฟสมบูรณ์จะหนักกว่าน้ำเล็กน้อยและจะจมน้ำผ่านท่อรูปตัวยูออกไปที่รางผลกาแฟจมขนาดความกว้าง 15 เซนติเมตร จากการทดสอบพบว่าระดับน้ำในรางควรสูงกว่า 10 เซนติเมตร ทำให้สามารถคัดแยกผลกาแฟด้อยคุณภาพได้ เครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟนี้ สามารถใช้ทำงานทดแทนแรงงานในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดและคัดแยกผลกาแฟด้อยคุณภาพได้โดยมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 2064.29 กิโลกรัมผลกาแฟสดต่อชั่วโมง และหากเพิ่มเติมอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ เช่น รางสกรูลำเลียง ทำให้สามารถต่อเข้ากับเครื่องมือแปรรูปกาแฟในขั้นตอนต่อไป เช่น เครื่องสีเปลือกสด เครื่องขัดเมือกกาแฟกะลา จะทำให้สามารถทำงานต่อเนื่อง สามารถแปรรูปกาแฟตั้งแต่ต้นทางจากผลสด จนถึงขั้นตอนทำให้เป็นกาแฟกะลาแห้งได้ สามารถพัฒนาให้เกิดเป็นโรงแปรรูปกาแฟขนาดเล็กได้เหมาะสมกับเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน นอกจากนี้ยังอาจสามารถประยุกต์การใช้เป็นเครื่องล้างทำความสะอาดกาแฟกะลาหลังจากผ่านเครื่องขัดเมือกกาแฟแล้วได้ โดยใช้แยกเศษวัสดุเปลือก เศษกะลา คัดแยกกะลากาแฟเสียที่ลอยน้ำ ก่อนนำไปทำให้แห้ง ทำให้กาแฟที่แปรรูปมีคุณภาพที่สูงขึ้น

โรงตากแบบหลังคาโค้งขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สั่งงานระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็น ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหล 700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนและความชื้นออกจากโรงตาก ภายในโรงตากบรรจุชั้นตากกาแฟ 8 ชั้น สามารถตากกาแฟได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 1.5 ตัน ทดสอบในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม สุ่มกะลากาแฟสดครั้งละ 2.5 กิโลกรัม มาลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ มีอุณหภูมิตลอดการทดลองสูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27%มาตรฐานเปียก ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน กะลากาแฟมีความชื้นเริ่มต้น 55 %wb ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้าย 12 %มาตรฐานเปียก อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 % มาตรฐานเปียก ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้ง มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอไม่ต่างจากการผึ่งลมในปัจจุบัน ซึ่งใช้เวลานานกว่าถึงสามเท่า โรงอบแห้งมีต้นทุนประมาณ 80,000 บาท(ไม่รวมค่าแรง) ซึ่งในปัจจุบันเกษตรกรส่วนมากยังไม่มีพื้นที่เพียงพอในการตากกาแฟ เนื่องจาก

กรมวิชาการเกษตร

พื้นที่ปลูกกาแฟ อยู่ในพื้นที่สูงและลาดชัน ทำให้ไม่พื้นที่ในการตากมากพอ ทำให้ผลผลิตกาแฟยังเหลือค้างต้นอยู่เป็นจำนวนมาก ในกรณีที่เกษตรกรใช้พื้นที่ขนาดเท่ากัน การใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะช่วยให้ผลิตกาแฟกะลาได้มากถึงประมาณ 5 เท่าเนื่องจากการใช้โรงอบแห้ง สามารถตากกาแฟกะลาได้ถึงสองชั้น

เครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาแบ่งส่วนประกอบของเครื่องหลักๆ ได้ 2 ส่วน คือ 1) ตู้ควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิการอบ ควบคุมการหมุนของถังอบเพื่อคลุกเคล้าเมล็ดกาแฟ และมีระบบตัดแก๊สและสัญญาณเตือนเมื่อหัวเผาจุดไฟไม่ติดป้องกันอันตราย 2) ชุดโครงสร้างรองรับถังอบและถังอบทรงกระบอกแนวนอน เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร ขนาดบรรจุประมาณ 500 กิโลกรัม สามารถอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 57.66%มาตรฐานเปียก ให้เหลือประมาณ 36.57%มาตรฐานเปียก ได้ในเวลา 8-12 ชั่วโมง และใช้แก๊สหุงต้มในการให้ความร้อนอบลดความชื้น 0.4-0.6 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยในการใช้งานเครื่องอบลดความชื้นนั้น สามารถใช้ผสมผสานกับการลดความชื้นด้วยการตากแห้ง หรือโรงอบได้ คือ ในช่วงที่มีผลผลิตเข้ามาเป็นจำนวนมากพร้อมๆ กัน ก็ใช้เครื่องอบเพื่อลดความชื้นผลผลิตกาแฟให้ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาสั้นๆ ก่อน แล้วค่อยไปลดความชื้นด้วยโรงตากได้ เป็นการลดความเสียหายของผลผลิตและลดควบคุมต้นทุนในการลดความชื้นไม่ให้สูงเกินไป หรือหากกรณีที่มีฝนตกการลดความชื้นแบบอื่นๆ ไม่สามารถทำได้ เครื่องอบลดความชื้นก็จะเป็นตัวช่วยที่ดีในการอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟ

เครื่องขึ้นรูปชาเขียวอบไอน้ำ มีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ 1.โครงสร้างฐาน 2. ถังรีด 3.ชุดเพลาลูกรีด และ4.ต้นกำลังและระบบส่งกำลัง ได้ดำเนินการทดสอบ หาความเร็วรอบของลูกเบี้ยว ความชื้นที่เหมาะสม ความสามารถในการทำงานของเครื่องรีดขึ้นรูปเขียวอบไอน้ำ และการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องจักรในการแปรรูปชาเขียว พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมของลูกเบี้ยว 25 รอบ/นาที ส่งกำลังให้แขนโยกต่อไปยังแขนเหวี่ยงและชุดเพลาลูกรีดทำให้ลูกรีดเหวี่ยงไป-กลับ จำนวน 25 ครั้ง/นาที เครื่องรีดขึ้นรูปชาสามารถใช้ขึ้นรูปครั้งละ 2 กก ชาต้องผ่านการนวดด้วยเครื่องนวดลดความชื้นชาเขียวด้วยลมร้อนครั้งที่สองแล้วและต้องมีความชื้นอยู่ในช่วง 27.89-30.35% เป็นความชื้นที่เหมาะสม ใช้เวลารีดขึ้นรูป 30 นาที จึงนำเข้าเครื่องอบแห้งหลังอบแห้งมีความชื้น 11.82% พิจารณาลักษณะทางกายภาพของผลผลิตชาเขียวอบไอน้ำ มีรูปลักษณะที่เป็นเส้นเล็กๆงอมีสีเขียวอ่อนผสมอยู่กับส่วนที่เป็นผงด้วย และเครื่องราคา 85,000 บาท มีจุดคุ้มทุนในการแปรรูปชาเขียวอบไอน้ำ 873.19 กิโลกรัมต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 2.91 ปี

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

เกรียงศักดิ์ นักผูก, สถิตย์พงศ์ รัตนคำ,สมพล นิลเวศน์,และสมแดช ไทยแท้ 2559 พัฒนาและทดสอบเครื่องนวดทรงกระบอกสำหรับชาเขียว วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 47 (3พิเศษ): 421-424

เกรียงศักดิ์ นักผูกและชวนชื้น เดียววิไล 2554 การพัฒนาและประเมินผลเครื่องนวดลดความชื้นชาเขียวด้วยลมร้อน วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (3พิเศษ):462-465

เกรียงศักดิ์ นักผูกและชวนชื้น เดียววิไล 2554 การพัฒนาและประเมินผลตู้อบแห้งชาเขียวลมร้อน วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (3พิเศษ):466-469

เกรียงศักดิ์ นักผูกและชวนชื้น เดียววิไล 2554 การวิจัยและพัฒนาเครื่องอบไอน้ำชาเขียวระดับเกษตรกร วารสารวิชาการเกษตร 29 (2) 170-181

เวียง อากรชี พิมล วุฒิสินธ์ และสุภัทร หนูสวัสดิ์. 2542. การพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสต้าแบบถังกลมทรงกระบอกหมุนในแนวนอน. เอกสารรายงานผลการวิจัยฉบับเต็ม, กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว, สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เวียง อากรชี, ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์ ,วิบูลย์ เทเพนทร์, อนุชา เชาว์โชติ, อุทัย ธานี,อัคคพล เสนาณรงค์. 2559. การศึกษาการใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางสำหรับอบแห้งผักและผลไม้. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 (2559), 39-45 น.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). 2560. คู่มือโครงการสนับสนุนการลงทุนติดตั้งการใช้งานระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ปี 2560. สืบค้น 23 เมษายน 2561 จาก http://www solardryerdede.com/wp-content/uploads/2017/01/2560.pdf

กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เอกสารวิชาการ ”กาแฟ” ลำดับที่ 17

กรมส่งเสริมอุสาหกรรม 2552 ชา แหล่งที่มา boc.dip.go.th/download/report3.pdf (14 พ.ค. 2558)

ชนิตา ศิริรัตน์ และ พิไลรัก อินธิปัญญา. 2552. การผลิตน้ำผึ้งผงจากน้ำผึ้งดอกทานตะวันโดยการอบแห้งแบบสุญญากาศและแบบแช่เยือกแข็ง. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยราชมงคลสุวรรณภูมิ.

ประพันธ์พงษ์ สมศิลา,อำไพศักดิ์ ทีบุญมา,ประทีป ตุ้มทอง, สุริยา อุดด้วงและมานะ วิชางาม.2555. ชนิดโครงสร้างของโรงเรือนที่มีผลต่อการไหลเวียนและอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์. ว. วิทย. กษ. 43 : 3 (พิเศษ) : 212-215 (2555)

ปรีชา ศรีประภาคาร. 2558. การศึกษาการใช้ห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา : ตำบลหนองผักตบ อำเภอศรีสมเด็จ จังหวัดร้อยเอ็ด. การงานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8.

กรมวิชาการเกษตร

ปีพ.ศ. 2547. 80 หน้า.

พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์และบัณฑูรย์ วาฤทธิ์. 2542. การปลูกและผลิตอาราบิก้าที่. ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 229 หน้า

พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์ และบัณฑูรย์ วาฤทธิ์. 2542. การปลูกและผลิตกาแฟอะราบิกาที่สูง. ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 229 หน้า.

พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์ และบัณฑูรย์ วาฤทธิ์. 2542. การปลูกและผลิตกาแฟอะราบิกาที่สูง. ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 229 หน้า.

พิมล วุฒิสินธุ์และคณะ. 2557. รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด วิจัยและพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีการแปรรูปกาแฟ, กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว, สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม. กรมวิชาการเกษตร. 16 หน้า.

มานพ หาญทวี. 2545ก. เทคโนโลยีการผลิตกาแฟอะราบิกา. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 14 หน้า.

มานพ หาญทวี. 2545ข. เทคโนโลยีการผลิตกาแฟอะราบิกา. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 56 หน้า.

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน 2556 การออกแบบเครื่องจักรกล 2 บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) กรุงเทพฯ 451 หน้า

วสันต์ จีนธาดา และพรชัย เพชรสงคราม. 2559. ลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อการอบแห้งยางพาราแผ่น.วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 27 ฉบับที่ 1 ม.ค.-เม.ย. 2560.

วันไชย คำเสน,อำนาจ ผัดวัง,ชูธง สัมมัตตะ,จิรพนธ์ ทาแกง, พงศกร สุรินทร์,สรายุทธ มาลัยพันธุ์. 2559. โรงเรือนอบแห้งพลังงานร่วมด้วยรังสีแสงอาทิตย์และไฟฟ้า. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 54

วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล.รศ.ดร. 2529. อุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม. โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) พิมพ์ครั้งที่ 3. บริซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด. กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 2553. เทคโนโลยีการผลิตกาแฟแบบครบวงจร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดรักษ์พิมพ์.

สมพล นิลเวศน์, ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ, เกรียงศักดิ์ นักผูก, จำรอง ดาวเรือง, สมคิด รัตนบุรี, อุทัย นพคุณวงศ์ อนันต์ ปัญญาเพิ่ม, ปิยนุช นาคะ, สุภัทรา เลิศวัฒนเกียรติ, นงคราญ โชติอิ่มอุดม, และเพ็ญจิตร จิตรจันทร์, 2558 เทคโนโลยี่การแปรรูปผลิตภัณฑ์ชาเพื่อผลิตชาเขียวชนิดอบไอน้ำและชาฝรั่ง ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ปี 2557 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กรมวิชาการเกษตร

สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา. 2551. การอบแห้งอาหารด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำ. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สายลม สัมพันธ์เวชโสภาล, ธีรพงษ์ เทพกรณ์, พนม วิญญายอง และประภัสสร อึ้งวณิชย์ 2550 การศึกษาสถานภาพปัจจุบันของชาในประเทศไทย สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง แหล่งที่มา http: //www.teainstitutemfu.com/ducument/TR8.pdf (11 ก.ย. 2557)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2562. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2560. หน้า 90-93.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2552. กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร เมล็ดกาแฟอะราบิก้า (มกษ. 5701-2553). สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กรุงเทพฯ. 44 หน้า.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2561. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร กรุงเทพฯ. 230 หน้า.

สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล, จุฑารัตน์ ทะสะระ, เฉลิม ปานมา , รัชนีกร นำชัย และ ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล.2554.ปัจจัยของเงื่อนไขการอบแห้งต่อจลนพลศาสตร์และคุณภาพของการอบแห้งขนุน. งานประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 21 ประจำปี 2554

อำไพศักดิ์ ทีบุญมา และ ศักชัย จงจำ. 2553. การอบแห้งขิงด้วยเทคนิคสุญญากาศร่วมกับอินฟราเรด. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 15 (2553) 2. หน้า 76-86.

Degradation in Carrot Undergoing Different Drying Processes", Journal of Food Science, Vol.70, No.8, pp.520-526

Hunt, D. (1977). Farm power and machinery management: laboratory manual and work book/donnell hunt (No. S711. H 86 1973.). Iowa University. Ames. US.

Sivetz, M. and N.W. Desrosier. 1979. Coffee Technology. The A VI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut 716 pp.

Suvarnakuta, S., Davahastin, S.,and Mujumdar, A.S, 2 0 0 5 ,"Drying Kinetics and β-carotene

Vincent. 1989.Gitimu 1995. Bui Hai Nhi 1997. Schoenholt.1999

กรมวิชาการเกษตร