



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การปรับปรุงกระบวนการผลิตชาใบหม่อน

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ช่อลัดดา เทียงพุก

เสนอ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

แบบสรุปโครงการวิจัย

โครงการการปรับปรุงขบวนการผลิตชาใบหม่อน

ความสำคัญ/ความเป็นมา

ชาใบหม่อนเป็นเครื่องดื่มสมุนไพรที่มีชื่อเสียงทั้งในประเทศและต่างประเทศ กลุ่มสตรีคือนวนห้วยในชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ผลิตชาใบหม่อนด้วยวิธีการดั้งเดิม คือนวดใบหม่อนด้วยมือในกระทะเปิดที่ได้รับความร้อนจากแก๊สหุงต้มจนแห้งด้วยอุณหภูมิต่ำ หรืออบให้แห้งโดยตรงในตู้อบที่ใช้แก๊สหุงต้มที่อุณหภูมิต่ำ วิธีนี้ไม่ถูกสุขลักษณะเพราะเป็นระบบเปิด อาจจะเป็นเชื้อจุลินทรีย์จากบรรยากาศหรือตัวผู้นวดเอง อีกทั้งไม่เป็นผลดีต่อเกษตรกร คืออาจจะทำให้เป็นโรคผิวหนังได้ นอกจากนี้คุณภาพผลผลิตอาจไม่สม่ำเสมอ และการใช้ตู้อบแบบแก๊สควบคุมยาก อาจเกิดอันตรายได้ง่าย

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อปรับปรุงขบวนการผลิตชาใบหม่อนโดยใช้เครื่องนวดแทนการนวดด้วยมือ และตู้อบรังสีอินฟราเรด (คลื่นยาว) ในการอบแห้ง
2. เพื่อทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ในด้านกายภาพเคมี ของขบวนการผลิตชาใบหม่อนใหม่เปรียบเทียบกับขบวนการผลิตชาใบหม่อนเดิม

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องนวดที่สามารถนวดใบหม่อนแทนการนวดด้วยมือได้ดี
2. ได้ตู้อบใบหม่อนที่เหมาะสมกับการผลิตชาใบหม่อนในครัวเรือนขนาดเล็ก และใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้

ผลการวิจัย

เครื่องนวดและตู้อบมีกำลังการผลิต 1.6 กิโลกรัมชาใบหม่อน ต่อชั่วโมง ต้นทุนการผลิต 32.54 บาทต่อชาใบหม่อน 1 กิโลกรัม ขณะที่ขบวนการผลิตเดิมมีกำลังการผลิต 0.20 กิโลกรัมชาใบหม่อน ต่อชั่วโมง ต้นทุนการผลิต 171.85 บาทต่อชาใบหม่อน 1 กิโลกรัม เครื่องนวดชาใบหม่อนมีกำลังบดขยี้่น้อย ทำให้ชาใบหม่อนของขบวนการผลิตใหม่ มีคุณภาพดีเยี่ยมกว่าชาใบหม่อนของขบวนการผลิตเดิม โดยเฉพาะกลิ่นรส และเครื่องนวดไม่สามารถม้วนใบหม่อนเป็นเกลียวได้ ส่วนตู้อบมีประสิทธิภาพในการแผ่ความร้อนดีมาก อย่างไรก็ตาม สามารถผลิตชาผงบรรจุซองแทนได้ ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกสุขอนามัย

การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

บทคัดย่อ

ชาใบหม่อนเป็นเครื่องดื่มสมุนไพรที่มีชื่อเสียงทั้งในประเทศและต่างประเทศ กลุ่มสตรีคอนขุนห้วยในชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ผลิตชาใบหม่อนด้วยวิธีการดั้งเดิม คือนวดใบหม่อนด้วยมือในกระทะเปิด ที่ได้รับความร้อนจากแก๊สปิโตรเลียมจนแห้งด้วยอุณหภูมิต่ำ หรืออบให้แห้งโดยตรงในตู้อบที่ใช้แก๊สปิโตร-เลียมที่อุณหภูมิต่ำ วัตถุประสงค์ของโครงการนี้ คือการปรับปรุงกระบวนการผลิตชาใบหม่อนด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตชาใบหม่อนในครัวเรือนชนบท เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ 1 ตำบล 1 ผลิตภัณฑ์ โดยการใช้เครื่องนวดที่เป็นวัสดุที่ใช้กับอาหารได้ และตู้อบรังสีอินฟราเรดในการอบแห้ง ตลอดจนวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ในด้านกายภาพ-เคมีของกระบวนการผลิตใหม่ เปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตเดิม

ผลการวิจัยพบว่า เครื่องนวดและตู้อบมีกำลังการผลิต 1.6 กิโลกรัมชาใบหม่อนต่อชั่วโมง ต้นทุนการผลิต 32.54 บาท ต่อชาใบหม่อน 1 กิโลกรัม ขณะที่กระบวนการผลิตเดิมมีกำลังการผลิต 0.20 กิโลกรัมชาใบหม่อนต่อชั่วโมง ต้นทุนการผลิต 171.85 บาท ต่อชาใบหม่อน 1 กิโลกรัม เครื่องนวดชาใบหม่อนมีกำลังบดขยี้่น้อย ทำให้ชาใบหม่อนของกระบวนการผลิตใหม่ มีคุณภาพด้อยกว่าชาใบหม่อนของกระบวนการผลิตเดิม โดยเฉพาะกลิ่นรส และเครื่องนวดไม่สามารถม้วนใบหม่อนให้เป็นเกลียวได้ ส่วนตู้อบมีประสิทธิภาพในการแผ่ความร้อนดีมาก อย่างไรก็ตาม สามารถผลิตชาผงบรรจุของแทนได้ ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกลงน่าย

ABSTRACT

The Mulberry leaf tea which is very popular for herbal drink in local and for export. The mulberry leaf tea is processed by Don Khun Huay Housewife Group in Chaum, Petchaburi. The traditional processing is not in good manufacturing practice as the mulberry leaves are rolled by hands in either the hot open pan fired by low petroleum gas until they are dried or in directed heat by low petroleum gas cabinet dryer. The objectives of this project are to improve mulberry leaf tea production process for appropriate technology for one village one product in rural area for household production process by using food grade roller machine and infrared drying cabinet and comparative analyzing in physical – chemical quality of new process product with the old one.

The results are found that roller machine and infrared cabinet capacity 1.6 kg/hr, and the cost per one kilogram mulberry leaf tea is 32.54 baht while the traditional process is 0.2 kg/hr and 171.85 baht respectively. The food grade roller is a little bit lower power to break the mulberry leaf so the quality of new process product is less than the quality of the old one, especially flavor. The roller can not roll to twist the mulberry leaf but the radiant heat from infrared cabinet is very good for color and energy saving. However it can produce powdered mulberry leaf tea instead which is very good in hygiene.

1. บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

กลุ่มเกษตรกรสมุนไพรรสดี บ้านคอนขุนห้วย เพชรบุรี ผลิตชาใบหม่อนขาย โดยมีพื้นที่ปลูกหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ประมาณ 100 ไร่ ชาที่ผลิตได้เป็นที่นิยม และมีการตลาดที่ดี แต่การดำเนินการผลิตยังขาดเทคโนโลยีที่เหมาะสม เมื่อเกษตรกรเก็บใบชามาแล้ว จะนำมานวดในกระทะร้อน (มีประมาณ 10 กระทะ และคนนวดเป็นผู้หญิง ประมาณ 25 คน) เกษตรกรจะใช้มือคนนวด ให้ใบหม่อนซ้ำวิธีการนี้ไม่ถูกสุขลักษณะเพราะเป็นระบบเปิด อาจจะปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์จากบรรยากาศหรือจากตัวคนนวดเอง อีกประการหนึ่งการนวดเป็นเวลานานๆ และบ่อยครั้งในกระทะที่ร้อน อาจทำให้เมือยล้า มีเหงื่อไหลปนเปื้อนไปสู่ผลิตภัณฑ์ ทำให้สูญเสียคุณภาพหรือได้คุณภาพไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังจะทำให้มือฟอง หรือเป็นโรคผิวหนังได้ หลังจากทีเกษตรกรนวดได้ที่แล้ว ก็จะนำไปอบแห้งในตู้อบ (70-80°C) ที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนจนแห้งประมาณ 45 นาที ซึ่งเป็นความร้อนโดยตรง ทำให้ควบคุมคุณภาพยาก และอาจเกิดอันตรายได้ง่าย ในบางครั้งเกษตรกรจะนวดให้สำเร็จในกระทะ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นเกษตรกรจะนำไปบรรจุถุงพลาสติกขนาด 50 กรัม ขายส่งประมาณ 40 บาท และนำไปอบบรรจุขายเป็นซองเล็กขนาด 2 กรัม บรรจุรวมกัน 20 ซอง ขายส่ง 40 บาท นอกจากนี้ยังบรรจุแคปซูลขายด้วย โดยนำไปส่งขายให้กับร้านค้าที่ดอนเมือง และกระทรวงมหาดไทย เป็นต้น มีรายได้ประมาณ 240,000 บาท/เดือน ซึ่งเป็นธุรกิจที่มีแนวโน้มที่ดี

1.2. ชา

ชาเป็นเครื่องดื่มที่เก่าแก่ของโลก แพร่หลายมานานกว่า 2000 ปี ชาจีนเป็นชาที่รู้จักดื่มชา และมีการนำใบชาไปใช้ประโยชน์ ทางเภสัชกรรมตั้งแต่ศตวรรษที่ 4 ต่อมา มีการนำพืชชนิดอื่น เช่น ใบเตย ว่านหางจระเข้ ดอกคำฝอย มาทำเป็นเครื่องดื่ม เช่นเดียวกับใบชา จึงใช้คำว่าชานานาหน้าชื่อพืชนั้น ๆ อาทิ ชาใบเตย เป็นต้น

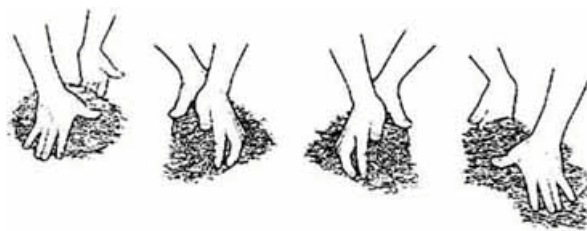
- 1.2.1. การผลิตชา อุตสาหกรรมชาถือว่าเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพที่เก่าแก่ที่สุดชนิดหนึ่งของมนุษยชาติ ชาที่ผลิตมีหลายชนิด เช่น ชาเขียว (Green tea) ชาฝรั่งแบบกึ่งหมัก (Semi-Fermented Tea) และชาฝรั่ง (Black Tea) ซึ่งมีวิธีการผลิตดังนี้

1.2.1.1. ชาเขียว

ก. แบบดั้งเดิม

ขั้นตอนการผลิตและนวดใบชาแสดงดังรูป





การกดอัดใบชาที่ม้วนตัวแล้วจะทำให้ใบชามีขนาดเล็กลง

↓
Shaping Up



ใบชาจะถูกขึ้นรูปคล้ายเข็มโดยการม้วนให้มีขนาดเล็กลงคล้ายเข็ม

↓
อบ

ภาพที่ 1 การนวดด้วยมือ

ที่มา: <http://www.isei.or.th>

ข. แบบอุตสาหกรรม

ในขั้นตอนการผลิตแบบอุตสาหกรรมได้รับการออกแบบโดยอาศัยหลักการแบบดั้งเดิม

1. การลวกใบชา มีจุดประสงค์สำคัญคือ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการออกซิเดชันของสารประกอบต่างๆ ภายในใบชา เช่น เอนไซม์ Chrolopyllase ที่สามารถออกซิไดซ์ Chrolophyll (สารสีเขียว) เป็นสาร Phaeophytin ที่ทำให้เกิดสีเหลืองน้ำตาลในใบชา นอกจากการลวกจะสามารถรักษาสีเขียวได้แล้ว ยังสามารถลดกลิ่นเหม็นเขียวของใบชาได้อีกด้วย ปกติการลวกชาจะใช้น้ำร้อนหรือไอน้ำ อุณหภูมิ 97 ถึง 100°C นาน 20 วินาที ถึง 3 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสีและผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เครื่องจักรที่ใช้อยู่ในอุตสาหกรรมจะมีหลายระบบเช่น Revolving steaming machine , Belt-conveyer steaming machine



ภาพที่ 2 เครื่องกลกในระดับอุตสาหกรรม
ที่มา <http://www.isei.or.th>

เครื่องมือ เครื่องจักรสำหรับการนวดที่ใช้ในโรงงานแสดง ดังนี้

2.1. การนวดขั้นที่ 1 (1st Rolling-Drying) หรือขั้น Loosening



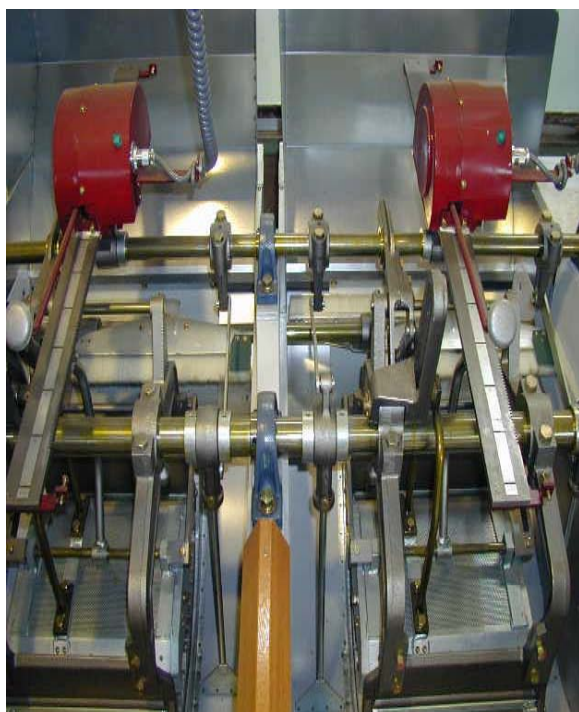
2.2. การนวดขั้นที่ 2 (2nd Rolling-Drying) หรือขั้น Rolling



2.3. การนวดชั้นที่ 3 (3rd Rolling-Drying) หรือชั้น Rubbing



2.4. การนวดชั้นที่สุดท้าย (Final Rolling-Drying) หรือชั้น Pressing และ Shaping up



ภาพที่ 3 เครื่องนวดในระดับอุตสาหกรรม

ที่มา: [http:// www .isei.or.th](http://www.isei.or.th)

2. การนวดใบชา จะกระทำพร้อมกับการให้ความร้อน เพื่อเป็นการไล่ความชื้น โดยการนวดนั้น จะทำให้เซลล์ใบชาแตกออก น้ำ เอนไซม์ และ Essential oil จะออกมาภายนอก ทำให้สามารถลดความชื้นได้เร็วขึ้น และทำให้สารให้กลิ่นรสของชาละลายได้ง่ายเมื่อมีการชงในน้ำ

2.1. การนวดขั้นที่ 1 (1st Rolling-Drying) เป็นการนวดเพื่อแยกใบชาออกจากกัน เปรียบเทียบได้ในขั้น Loosening ใช้เวลา 45 นาที ลมร้อนอุณหภูมิ 105 °ซ ความชื้นใบชา 100%

2.2. การนวดขั้นที่ 2 (2nd Rolling-Drying) เป็นการนวดใบชาจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง เพื่อให้เซลล์แตกออกคล้ายกับขั้นตอนการนวดด้วยมือในขั้น Rolling

2.3. การนวดขั้นที่ 3 (3rd Rolling-Drying) ขั้นตอนนี้ใบชาที่ได้จะมีการม้วนตัวเหมือนในขั้นตอน Rubbing ใช้เวลา 40 นาที ลมร้อนอุณหภูมิ 55 °ซ ความชื้นใบชา 35%

2.4. การนวดขั้นที่สุดท้าย (Final Rolling-Drying) เป็นการกดอัดใบชาที่ม้วนตัวแล้วเพื่อให้มีขนาดเล็กลงมีลักษณะคล้ายเข็ม ซึ่งในขั้นตอนนี้จะรวมขั้นตอนการนวดด้วยมือไว้ 2 ขั้นคือ Pressing และ Shaping up ใช้เวลา 35 นาที อุณหภูมิที่ผิวกระทะ 85 °ซ ความชื้นใบชา 13%

3. การอบแห้ง เป็นขั้นตอนการลดความชื้นของใบชาลงให้เหลือต่ำกว่า 7 % เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้สามารถเก็บรักษาชาได้นานขึ้นโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่นรส โดยทั่วไปการอบจะทำให้อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °ซ เนื่องจากการอบที่อุณหภูมิสูงจะทำให้กลิ่นรสของชาระเหยออกไปได้ ตู้อบแห้งส่วนมากที่ใช้จะเป็นตู้อบลม

1.2.1.2. ชาฝรั่งแบบกิ่งหมัก จะเริ่มจากการนำยอดชาสดมาผึ่งและเขย่า (Withering + Shaking) เพื่อลดความชื้น และกระตุ้นให้เกิดการหมักอย่างอ่อน ต่อจากนั้นก็นำมาคั่ว (Panning) เพื่อหยุดปฏิกิริยาทางชีวเคมี โดยใช้ความร้อนทำลายเอนไซม์ และช่วยให้ใบชาเหี่ยว อ่อนนุ่มเหมาะสำหรับการนวดใบชาในขั้นถัดไป และทำให้ใบชาม้วนตัวสวยงาม ต่อจากนั้นก็นำมานวด และอบแห้ง

1.2.1.3. ชาฝรั่ง เริ่มจากการนำยอดชาสด มาผึ่ง นวด หมักชา และอบแห้งตามลำดับ ซึ่งขั้นตอนการหมักสำคัญที่สุด ต้องควบคุมอุณหภูมิ ออกซิเจน และความชื้นสัมพัทธ์ ให้เหมาะสม

1.3. หม่อน

1.3.1. ลักษณะทั่วไปของหม่อน

หม่อน (Mulberry) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morus alba* Linn. อยู่ในวงศ์ Moraceae เป็นไม้พุ่ม หรือยืนต้น หม่อนเป็นพืชกึ่งเมืองร้อน (Sub -Tropical) แต่สามารถขึ้นในแถบโซนร้อนทั่วไปได้ ฉะนั้นหม่อนจึงขึ้นได้ดีทั่วไปในประเทศไทย เป็นพืชที่ทนความแห้งแล้งได้ดีพอสมควร อาจกล่าวได้ว่าหม่อนขึ้นได้ดีในดินเกือบทุกชนิด ถ้าดินมีความอุดมสมบูรณ์ดี ต้นหม่อนก็จะให้ผลผลิตสูง หม่อนชอบดินร่วนปนทราย ดูดซึมน้ำได้ดี และดินที่มีลักษณะค่อนข้างเป็นด่าง ใบหม่อนโดยทั่วไปมีรูปลักษณะแหลม และขอบใบหยัก อาจมีทั้งที่เว้ามากและไม่เว้าเลย ฐานใบมีลักษณะคล้ายใบโพธิ์ ตามผิวใบมีเยื่อ cuticle ซึ่งช่วยกันการระเหยน้ำจากใบได้ ดอกหม่อนจะรวมกันเป็นช่อ 4-10 ดอก และอาจเป็นดอกที่มีดอกตัวผู้

และดอกตัวเมียแยกกัน โดยรวมอยู่ในช่อดอกเดียวกันหรือคนละช่อ หม่อนบางพันธุ์ก็มีดอกเป็นดอกสมบูรณ์ คือมีเกสรตัวผู้และตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน

ใบหม่อนสามารถใช้เลี้ยงไหม เลี้ยงวัว เลี้ยงควาย ก็จะทำให้แม่มมมีน้ำนมเพิ่มขึ้น ใบหม่อนเป็นพืชสมุนไพรใช้เป็นยาขับเหงื่อ ทำยาต้ม ใช้อ้อมแก้คอเจ็บ และทำให้เชื้อหุ้มขึ้น มีการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในใบหม่อนพบว่าปริมาณสูงถึง 22.6 % จึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เป็นอาหารของคนและสัตว์เลี้ยงได้

1.3.2 ประโยชน์ในทางการแพทย์ของใบหม่อน มีดังนี้

1. สามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเส้นเลือด
2. ปรบัลดความดันโลหิตสูง หรือต่ำ ให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ
3. ลดระดับน้ำตาลในเลือดสำหรับคนเป็นเบาหวาน
4. ลดอาการกระดูกพรุนเพราะมีแคลเซียมสูง
5. ลดอาการปวดเมื่อยตามร่างกายเพราะเป็นตะคริว
6. ลดอาการเกิดลิ่มเลือดซึ่งทำให้เส้นเลือดอุดตัน หรือเกิดกล้ามเนื้อหัวใจตาย
7. ลดอัตราเสี่ยงอันตรายจากมะเร็งในตับ
8. เพิ่มการไหลเวียนของโลหิตและของเหลวในร่างกายทำให้ ปอด กระเพาะอาหาร ลำไส้ ไต และกระเพาะปัสสาวะทำงานได้ดีอย่างต่อเนื่อง

จากการทดลองในประเทศญี่ปุ่น อเมริกา อังกฤษ โรมานี และอินเดีย พบว่าใบหม่อนมีสารกาบา (GABA= gamma amino butyric acid) ที่มีคุณสมบัติในการลดความดันเลือดและมีสารฟายโตสเตอรอล (Phytosterol) ที่มีประสิทธิภาพในการลดระดับคอเลสเตอรอล นอกจากนี้ยังมีสารที่เรียกว่า คีออกซิโนจิริมายซิน (Deoxynojirimycin) สารนี้มีผลในการลดระดับน้ำตาลในเลือด ในสัตว์ทดลองเช่น หนู และกระต่าย ใบหม่อนแสดงคุณสมบัติ antioxidant คือสามารถยับยั้ง peroxidation ของกรดลิโนลินิก ถึง 78.2% ซึ่งมากกว่า alpha-tocopherol (72.1%) แต่เทียบเท่ากับ butylated hydroxyanisole (BHA)

1.3.3. การผลิตชาใบหม่อน พัฒนามาจากการผลิตชา

1.3.3.1. การผลิตชาใบหม่อนระดับครัวเรือน การทำชาหม่อนในระดับครัวเรือนมุ่งเน้นให้เกษตรกรและบุคคลทั่วไปทำไว้บริโภคเองได้

ก. ชาเขียว ใช้ใบหม่อนสดได้ ทั้งใบอ่อนและใบแก่ มีขั้นตอนการทำดังนี้

1. ลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90-95°ซ. นาน 20-30 วินาที
2. จุ่มลงในน้ำเย็นทันที นำขึ้นผึ่งลมให้แห้งหมาด ๆ
3. คั่วและนวดใบหม่อนในกระทะด้วยไฟอ่อน ๆ ประมาณ 20 นาที
5. อบที่อุณหภูมิ 80°ซ. นาน 1 ชั่วโมง และเก็บไว้ในภาชนะที่ป้องกันความชื้นได้

ลักษณะทั่วไปของน้ำชา

- สี เขียวอ่อนปนน้ำตาล

- กลิ่น หอมใบไม้คั่ว เช่นเดียวกับใบชา แต่มีกลิ่นน้อยกว่า
- รส หวานเล็กน้อย ฝาดน้อยกว่าชาจากใบชา ไม่มีรสขม

ใบหม่อนสดพันธุ์ บร. 60 เมื่อนำมาทำชาเขียวจะได้น้ำหนักเพียง 18.9% ที่ความชื้นน้อยกว่า 1.0%

ข. ชาจีน มีขั้นตอนการทำดังนี้

1. นำใบหม่อนสดมาหั่นให้มีขนาดเท่ากับการทำชาเขียว
2. คั่ว และนวดใบหม่อนในกระทะด้วยไฟอ่อน ๆ นานประมาณ 20-25 นาที แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80°C. นานประมาณ 1 ชั่วโมง.
3. เก็บไว้ในภาชนะป้องกันความชื้นเข้าได้

ลักษณะทั่วไปของน้ำชา

- สี เหลืองอ่อนปนน้ำตาล
- กลิ่น หอมใบไม้คั่ว เช่นเดียวกับใบชา แต่มีกลิ่นน้อยกว่า
- รส ฝาดน้อยกว่าชาจากใบชา

ใบหม่อนสดพันธุ์ บร. 60 เมื่อนำมาทำชาฝรั่งจะได้น้ำหนักใบชาเพียง 15.8% ที่ความชื้นน้อยกว่า 1.0%

ค. ชาฝรั่ง มีขั้นตอนการทำดังนี้

1. ตัดก้านใบทิ้ง หั่นใบหม่อนให้มีขนาดเท่ากับการทำชาเขียว
2. คั่วในกระทะด้วยไฟอ่อน ๆ ขณะคั่ววนนวดใบหม่อนแรง ๆ เพื่อให้เซลล์ใบหม่อนแตกชำรุดจนกระทั่งใบหม่อนแห้งกรอบ ใช้เวลานานกว่า 25 นาที
3. บดใบหม่อนให้ร่วนเป็นผงด้วยมือ
4. บรรจุซอง เก็บไว้ในภาชนะที่ป้องกันความชื้นได้

ลักษณะทั่วไปของน้ำชา

- สี น้ำตาล (เหลืองทองแดง)
- กลิ่น หอมใบไม้คั่ว เช่นเดียวกับชาฝรั่งจากใบชา
- รส ฝาดน้อยกว่าชาจากใบชา

ใบหม่อนสดพันธุ์ บร. 60 เมื่อนำมาทำชาฝรั่ง จะได้น้ำหนักชาผง 15.8% ที่ความชื้นน้อยกว่า 1.0%

1.3.3.2. การผลิตชาใบหม่อนในระดับอุตสาหกรรม ปัจจัยสำคัญในการผลิตที่ต้องคำนึงถึงคือ

1. วัตถุดิบ ในที่นี้คือ ใบหม่อนซึ่งถือว่าสำคัญที่สุด โดยต้องคำนึงถึงพันธุ์หม่อน พันธุ์ที่ใช้ทำชาควรมีใบที่มีความหนาพอควร พันธุ์ที่ใช้ขณะนี้ เป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร คือพันธุ์บุรีรัมย์ 60 (บร.60) และพันธุ์นครราชสีมา 60 (นม.60) ซึ่งทั้ง 2 พันธุ์นี้ ตลาดผู้ซื้อยอมรับ ประกอบกับเป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตสูง และเกษตรกรมีการปลูกแพร่หลายแล้ว โดยใบหม่อนที่เลือกใช้ควรมีความสดมาก ไม่แคะแกระ และสะอาด

2. เครื่องจักรและอุปกรณ์ เป็นเครื่องมือเฉพาะในการแปรรูปใบหม่อน เป็นชาหม่อน โดยทั่วไปจะตัดแปลงจากอุปกรณ์ทำชาจากใบชา

3. วิธีการ อาจมีหลายรูปแบบ ทางอุตสาหกรรมที่ดำเนินการอยู่อาจเป็นวิธีการเฉพาะในการทำเป็นชาใบคือ ชาเขียว หรือ ชาฝรั่ง หรือ ชาผง (ชาฝรั่ง)

ขั้นตอนการผลิตชาหม่อน มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเตรียมใบหม่อนในส่วนของเกษตรกร
2. การเตรียมใบหม่อนในส่วนของโรงงาน
3. กระบวนการผลิตชาใบหม่อน
4. การเก็บรักษาชาใบหม่อน

การเตรียมใบหม่อนในส่วนของเกษตรกร ต้องคำนึงถึง

1. การวางแผนปลูก ต้องคำนึงสถานที่ปลูก ที่สามารถให้น้ำได้ไม่อยู่ใกล้แปลงผักและแปลงไม้ดอก ที่มีการใช้สารเคมีมาก และการคมนาคมสะดวก
2. การดูแลรักษา การจะให้ได้ใบหม่อนที่ดีสมบูรณ์ จะต้องดูแลตั้งแต่เริ่มปลูก โดยทั่วไปโรงงานให้ความสำคัญการวางแผนปลูก และดูแลรักษามากเพื่อจะได้ใบหม่อนที่มีคุณภาพ และปริมาณเพียงพอต่อความสามารถของเครื่องจักรในแต่ละวันตลอดฤดูการผลิต เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีมีการวิจัยการปลูกหม่อนใช้ใบทำชาหม่อนโดยตรง จึงใช้วิธีการดูแล รักษา การปลูกหม่อน เพื่อใช้ใบเลี้ยงไหมไปก่อน

3. การเก็บเกี่ยว ต้องคำนึงถึง วิธีการเก็บ และเวลาการเก็บ วิธีที่ดี จะต้องใช้การเด็ดใบเลือกเก็บใบที่มีคุณภาพดี การเด็ดใบจะเด็ดจากใบล่างสู่ใบบน เว้นใบอ่อนส่วนยอดไว้ ปล่อยให้ต้นหม่อนเจริญเติบโตไปประมาณ 1 เดือน จะเก็บใบหม่อนได้อีกครั้ง หมุนเวียนกันไป เวลาในการเก็บควรเป็นตอนเช้า หรือตอนเย็น เพราะอุณหภูมิต่ำ ใบไม่เหี่ยว และเก็บใส่ในตะกร้า เพื่อให้อากาศถ่ายเทได้

4. การขนส่ง แหล่งปลูกกับโรงงานที่ผลิตชาควรอยู่ใกล้กัน ใช้ระยะเวลาขนส่งไม่เกิน 2 ชั่วโมง และควรขนส่งในช่วงที่อากาศไม่ร้อนเกินไป

การเตรียมใบหม่อนในส่วนของโรงงาน

ใบหม่อนเมื่อถึงโรงงานส่วนหนึ่งจะเข้าสู่กระบวนการผลิตก่อน อีกส่วนหนึ่งต้องเก็บไว้เพื่อรอซึ่งใช้เวลาห่างกันหลายชั่วโมง ดังนั้นโรงงานจึงสร้างที่เก็บใบหม่อนสดมีลมเป่าเพื่อให้ความร้อนจากการหายใจของใบระบายออกมาได้ และไม่ควรเก็บใบหม่อนไว้เกิน 24 ชั่วโมง

ก. การผลิตชาเขียวใบหม่อนแบบอุตสาหกรรมโรงงาน

1. คัดใบหม่อน ที่ไม่มีคุณภาพออก เช่น ใบเหลือง ใบที่เป็นโรค หรือมีสิ่งเจือปน เป็นต้น
2. หั่นใบหม่อน ให้มีขนาดกว้าง 1-2 ซม. ด้วยเครื่องหั่น
3. อบไอน้ำ ใบหม่อนที่หั่นแล้วจะไหลขึ้นไปตามสายพานผ่านเข้าเครื่องอบไอน้ำ ซึ่งต้องควบคุมอุณหภูมิให้สม่ำเสมอ

4. คั่วครั้งที่ 1 เมื่อใบหม่อนผ่านเครื่องอบไอน้ำ แล้วจะผ่านไปตามสายพานเข้าเครื่องคั่วได้ครั้งละ 25-35 กก. (น้ำหนักสด)
5. นวด หลังจากคั่วแล้ว ก็เทใบหม่อนลงสู่เครื่องนวดตามสายพาน เพื่อให้ใบหม่อนมันวาวใบ
6. คั่วครั้งที่ 2 ใบหม่อนที่ผ่านการนวดแล้ว จะไหลมาตามสายพาน แล้วเข้าเครื่องคั่วอีกครั้ง ระหว่างคั่วครั้งที่ 2 นี้ จะมีเครื่องเป่า เพื่อไล่ไอน้ำออก ใบหม่อนที่ป่นละเอียดจะร่วงลงมาสู่แผ่นพลาสติกด้านล่าง นำไปบรรจุเป็นชาซองได้ เมื่อคั่วได้ที่แล้ว เทใบหม่อนลงสู่ถาดไม้ ขนาด 1×1 เมตร
7. คัดก้านขนาดใหญ่ออก โดยเทใบหม่อนลงสู่ตะแกรงอะลูมิเนียมขนาดช่อง 1×1 เซนติเมตร ขนาดตะแกรง 40×70 เซนติเมตร ก้านขนาดใหญ่จะค้างบนตะแกรง ใบจะร่วงลงสู่กระบะไม้ขนาด 70×90 เซนติเมตร
8. คั่วครั้งที่ 3 เครื่องคั่วล้าถึงน้ำมันผาครั้ง มีคนโยก เพื่อคลุกเคล้าใบหม่อนไปมา มีเตาให้ความร้อนด้านล่าง
9. อบความร้อน ใบหม่อนที่ผ่านการคั่วครั้งที่ 3 แล้ว จะถูกเปิดออกทางด้านล่างลงสู่สายพาน ก่อนเข้าเครื่องอบที่สายพานทำด้วยสังกะสี ทำเป็นขั้นบันไดเล็กๆ มีเจ้าหน้าที่คัดก้านที่หลงเหลืออยู่ ออกอีกครั้งหนึ่งก่อนเข้าเครื่องอบ ใบหม่อนที่เป็นผงละเอียดจะออกมาจากเครื่องคนละทางกับที่เป็นใบ
10. บรรจุถุง ถุงสำเร็จที่มี 3 ชั้น (กระดาษ-พลาสติก-กระดาษ) เพื่อป้องกันความชื้น และเพิ่มความแข็งแรง

การทำชาเขียวใบหม่อนแบบนี้ ได้ผลผลิตร้อยละ 18.8

ลักษณะทั่วไปของน้ำชา

- สี เขียวอ่อน
- กลิ่น เฉพาะของใบหม่อน
- รส หวานและฝาดเล็กน้อย ไม่มีรสขม

ข. การผลิตชาฝรั่งใบหม่อน (ชาผง ชาดำ) แบบอุตสาหกรรมโรงงาน มีขั้นตอนตามลำดับดังนี้

1. การฟุ้งลม ฟุ้งบนตะแกรงนาน 18-22 ชั่วโมง ในที่ร่มมีพัดลมเป่าด้านล่างนาน 12-14 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดกลิ่นหอม
2. การตัดและนวด นำใบหม่อนเข้าเครื่องนวด เพื่อให้เซลล์ใบหม่อนชำ เส้นใยฉีกขาด เพื่อให้สารประกอบที่อยู่ในใบหม่อน ทำปฏิกิริยากับอากาศ เกิดการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีทองแกมแดง ใช้เวลาประมาณ 30 นาที
3. การคัดขนาด นำใบหม่อนเข้าเครื่องเขย่า เพื่อแยกก้านออกจากใบส่วนที่หยาบ หรือคัดก้าน เพื่อนำไปเข้าเครื่องตัดอีกครั้ง
4. การอบแห้ง นำใบหม่อนผ่านเครื่องอบแบบสายพานที่อุณหภูมิ 90-100°ซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ระหว่างอบจะใช้ไม้พายเกลี่ยให้ทั่วตลอดเวลา ส่วนที่เป็นก้านใช้เวลาอบเพิ่มอีก 1 ชั่วโมง
5. การบดละเอียด บดให้ได้ขนาดประมาณ 1-4 ตารางมิลลิเมตร

6. การบรรจุ ด้วยเครื่องบรรจุชาชนิดถุงแปด เป็นชาถุงหรือชาซองด้วยอัตรา 1.5 กรัม/ซอง แล้วนำไปบรรจุกล่อง

การทำชาฝรั่งแบบนี้ ได้ผลผลิตร้อยละ 23.3%

ลักษณะทั่วไปของน้ำชา

- สี น้ำตาลเข้ม
- กลิ่น มีกลิ่นเฉพาะของใบหม่อน
- รส รสฝาดเล็กน้อย ไม่ขมเมื่อนำไปใส่นม น้ำตาล ไม่มีรสฝาด

1.3.4. แร่ธาตุ วิตามิน และกรดอะมิโนในชาใบหม่อน

1.3.4.1. แร่ธาตุ

ชาที่ทำจากใบหม่อน พบว่ามีแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์หลายชนิด จากการทดลอง โดยการสุ่มวิเคราะห์แร่ธาตุที่มีเป็นจำนวนมากในร่างกาย เช่น แคลเซียม โพแทสเซียม โซเดียม และแมกนีเซียม จากทั้งหมด 7 ชนิด โดยอีก 3 ชนิด ยังไม่ได้วิเคราะห์คือ ฟอสฟอรัส กำมะถันและคลอรีน

1. แคลเซียม เป็นแร่ธาตุที่สำคัญในการสร้างกระดูกและฟัน และมีปริมาณมากที่สุดในร่างกาย ในชาใบหม่อนทั้งชาเขียว ชาฝรั่ง และชาฝรั่ง ที่ผ่านกระบวนการทำชาแบบคริวเรื่อน มีปริมาณแคลเซียมใกล้เคียงกัน เฉลี่ย 2,461 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (ตารางที่ 1) ในขณะที่ความต้องการใช้แคลเซียมของผู้ใหญ่อยู่ที่ระดับ 400 - 500 มิลลิกรัมต่อวัน ดังนั้นแคลเซียมในชาหม่อนจึงมีปริมาณสูง

2. โพแทสเซียม เป็นแร่ธาตุที่พบอยู่ในของเหลวภายในเซลล์ต่าง ๆ มีหน้าที่ควบคุมความสมดุลของน้ำภายในเซลล์ ของร่างกาย ในชาหม่อนจะมีมากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ทั้งชาเขียว และชาฝรั่ง ที่ผ่านกระบวนการทำชาของโรงงานรวมทั้งชาฝรั่งและชาฝรั่งแบบคริวเรื่อนยกเว้นในชาเขียว แบบคริวเรื่อนที่พบเพียง 1,573 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (ตารางที่ 1) แต่ก็ยังนับว่ามีปริมาณโพแทสเซียมสูง โดยเฉลี่ยในใบหม่อนที่นำมาทำชาชนิดต่าง ๆ จะมีโพแทสเซียม 2,195 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ขณะที่ร่างกายต้องการวันละ 2,000 - 6,000 มิลลิกรัม

3. โซเดียม เป็นแร่ธาตุที่พบอยู่ในของเหลวภายนอกเซลล์ มีหน้าที่ควบคุมภาวะสมดุลของกรด - ด่าง และปริมาณน้ำในของเหลว ในชาหม่อนชนิดต่าง ๆ จะพบโซเดียมปริมาณที่ใกล้เคียงกัน เฉลี่ย 59 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (ตารางที่ 1) แต่ร่างกายของผู้ใหญ่ต้องการโซเดียมวันละ 2,000 - 5,000 กรัม ดังนั้น โซเดียมในชาใบหม่อนจึงมีปริมาณน้อยมาก

4. แมกนีเซียม เป็นแร่ธาตุส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ในพืช ในร่างกายคนพบเป็นส่วนประกอบของกระดูก มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหัวใจ กล้ามเนื้อ และเซลล์ประสาท ในชาหม่อนพบแมกนีเซียม (ตารางที่ 1) ระดับใกล้เคียงกันมาก เมื่อนำไปทำชาชนิดต่าง ๆ เฉลี่ย 408 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และใกล้เคียงกับชาผงที่ทำจากใบชาซึ่งมีแมกนีเซียม 395 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ในแต่ละวันร่างกายต้องการแมกนีเซียม 300 - 500 มิลลิกรัม ดังนั้นในชาใบหม่อนจึงมีปริมาณแมกนีเซียมสูง

ตารางที่ 1 แร่ธาตุและวิตามิน ในซาไบหม่อนชนิดต่าง ๆ ที่ได้จากการผลิตในระดับโรงงาน และระดับครัวเรือน

สาร	ซาเขียว โรงงาน	ซาฝรั่ง โรงงาน	ซาเขียว ครัว เรือน	ซาฝรั่ง ครัว เรือน	ซาฝรั่ง ครัว เรือน	เฉลี่ย	ความต้องการ คน / วัน (มิลลิกรัม)
แคลเซียม (มก./100 ก.)	ND	ND	2,639	2,221	2,524	2,461	400 - 500
โปแตสเซียม (มก./100 ก.)	2,580	2,610	1,573	2,129	2,084	2,195	2,000 - 3,000
โซเดียม (มก./100 ก.)	84	51	51	60	48	59	2,000 - 5,000
แมกนีเซียม (มก./100 ก.)	388	398	424	391	437	408	300 - 350
เหล็ก (มก./100 ก.)	30	25	13	17	17	20	10 - 12
สังกะสี มก./100 ก.)	3	2	2	1	2	2	10 - 15
วิตามินเอ (IU/100 ก.)	26.1	37.9	24.5	NF	ND	29.5	4,000 - 5,000-
วิตามินบี1 (มก./กก.)	<0.8	2.9	<0.6	<0.6	ND	1.2	1.0 - 1.5
วิตามินบี 2 (มก./กก.)	4.6	3.5	5.2	4.7	ND	4.5	1.1 - 1.6
วิตามินซี (มก./กก.)	17.79	26.41	7.56	11.14	ND	15.7	45.0

ที่มา วิโรจน์ (2543)

ND = ไม่มีข้อมูล

NF = ตรวจไม่พบ

5. เหล็ก ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่มีจำนวนน้อยในร่างกาย พบมากในฮีโมโกลบิน (hemoglobin) และกล้ามเนื้อที่มีสีแดงในเลือด 100 ซีซี จะมีเหล็กประมาณ 40 มิลลิกรัม ในซาไบหม่อนพบเหล็กในปริมาณน้อยเพียง 20.2 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (ตารางที่ 1) แต่ร่างกายของคนต้องการเพียงวันละ 10 - 12 มิลลิกรัม อย่างไรก็ตาม เหล็กที่ได้จากพืชจะดูดซึมเข้าร่างกายได้น้อยกว่าเหล็กที่ได้จากสัตว์ ซึ่งปกติจะดูดซึมได้เพียง 2 - 10 % เท่านั้น

6. สังกะสี ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่มีจำนวนน้อยในร่างกาย พบมากที่ ตา กระดูก ต่อมน้ำลาย และในเลือด เป็นส่วนประกอบของโมเลกุลในเอนไซม์หลายชนิด ในซาไบหม่อนพบสังกะสี เฉลี่ย 2 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (ตารางที่ 1) ในขณะที่ร่างกายต้องการประมาณวันละ 10 - 15 มิลลิกรัมต่อวัน จึงนับว่าไบหม่อนมีสังกะสีน้อยมาก

ตารางที่ 2 กรดอะมิโน (amino acids) ที่พบในชาจากใบหม่อนชนิดต่าง ๆ ที่ได้จากการผลิตในระดับโรงงาน และระดับครัวเรือน

กรดอะมิโน (มก./100 ก.)	ชาเขียว โรงงาน	ชาฝรั่ง โรงงาน	ชาเขียว ครัวเรือน	ชาฝรั่ง ครัวเรือน	เฉลี่ย	ความต้องการ (คน/วัน) (มิลลิกรัม)
1. อาร์จินีน (Arginine)*	808.97	802.40	1,318.55	1,205.56	1,034	?
2. ฮิสติดีน (Histidine)*	381.88	387.71	511.10	463.83	436	1,650
3. ไอโซลิวซีน (Isoleucine)	693.98	686.52	970.27	939.75	823	600
4. ลิวซีน (Leucine)	1,323.56	1,274.28	2,036.09	1,942.77	1,644	800
5. เมไธโอนีน (Methionine)	172.06	137.67	180.48	177.11	167	500
6. ซิสทีน (Cystine)	28.68	30.21	96.34	75.79	58	
7. ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine)	805.60	769.42	1,309.43	1,226.00	1,028	
8. ไทโรซีน (Tyrosine)	430.24	490.57	781.61	729.40	608	800
9. ธรีโอนีน (Threonine)	688.54	690.22	1,061.00	1,043.91	871	400
10. ทริプトเฟน (Tryptophan)	189.85	162.43	159.04	169.44	170	150
11. ไลซีน (lysine)	858.15	811.10	1,374.67	1,332.74	1,094	600
12. วาลีน (Valine)	891.89	879.13	1,229.98	1,199.19	1,050	700
13. อะลานีน (Alanine)	934.50	954.47	1,400.62	1,385.30	1,169	-
14. กลัยซีน (Glycine)	842.51	859.29	1,262.10	1,224.71	1,047	-
15. กรดแอสปาร์ติก (Aspartic acid)	1,681.98	1,770.21	2,201.74	2,456.32	2,028	-
16. กรดกลูตามิก (Glutamic acid)	2,078.05	1,845.38	2,843.41	2,841.25	2,402	-
17. โพรลีน (Proline)	715.39	740.67	1,162.87	1,145.45	941	-
18. เซรีน (Serine)	670.28	638.07	1,059.63	1,056.29	856	-

ที่มา วิโรจน์ (2543)

ND = ไม่มีข้อมูล

* มีความจำเป็นเฉพาะในเด็กทารก และ ? ไม่ทราบปริมาณความต้องการ

1.3.4.2 วิตามิน

จากการที่ใบหม่อนใช้เป็นพืชสมุนไพร ใบนำมาต้มดื่มแก้ตาแดง ตาฝ้าฟาง บำรุงสายตา จึงมีนักวิจัยทำการสำรวจวิเคราะห์ วิตามินเอ และวิตามินอื่น ๆ คือวิตามิน บี 1, บี 2 และซี พบว่า

1. วิตามินเอ ในใบหม่อนที่นำมาทำชาทั้งชาเขียวและชาฝรั่งจากโรงงานซึ่งเป็นใบชาที่ได้จากแหล่งปลูกต่างกันจะพบวิตามินเอ 26.1 และ 37.9 IU ต่อ 100 กรัม ส่วนชาเขียวและชาฝรั่งแบบครัวเรือนพบวิตามินเอ 24.5 IU ต่อ 100 กรัม และตรวจไม่พบ (เฉลี่ย 29.5 IU ต่อ 100 กรัม) (ตารางที่ 1) ทั้งที่ผักใบเขียวต่าง ๆ จะมีวิตามินเอเฉลี่ย 7,870 IU ต่อ 100 กรัม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวิตามินเอจะสูญเสียไปเนื่องจากการถูกออกซิไดซ์โดยอากาศในกระบวนการผลิตชา จึงควรนำใบหม่อนสดวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินเอ เพื่อการเปรียบเทียบ ร่างกายคนต้องการวิตามินเอประมาณวันละ 4,000 - 5,000 IU

2. วิตามินบี 1 ใบหม่อนที่นำมาทำชาเขียวและชาฝรั่งจากโรงงานและแบบครัวเรือน พบวิตามินบี 1 เฉลี่ย 1.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 1) ในข้าวมี 18.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมากกว่าที่พบในชาหม่อนประมาณ 10 เท่า การขาดวิตามินบี 1 จะทำให้เกิดโรคเหน็บชา ร่างกายคนต้องการวิตามินบี 1 ประมาณ 1.0 - 1.5 มิลลิกรัม

3. วิตามินบี 2 ใบหม่อนที่นำมาทำชาเขียวและชาฝรั่งจากโรงงานพบว่าวิตามินบี 2 ใกล้เคียงกันคือ 4.6 และ 3.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนการทำชาแบบครัวเรือน พบวิตามินบี 2 ปริมาณ 5.2 และ 4.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (เฉลี่ย 4.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (ตารางที่ 1) ซึ่งพบมากกว่าในถั่วลิสง ผักโขมที่มีเพียง 3.1 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การขาดวิตามินบี 2 อาจทำให้เป็นโรคปากนกกระจอก และระคายเคืองนัยน์ตา ร่างกายต้องการวิตามินบี 2 ประมาณวันละ 1.1 - 1.6 มิลลิกรัม

4. วิตามินซี ในชาเขียวและชาฝรั่งจากโรงงาน พบวิตามินซี 18 และ 26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนแบบครัวเรือนพบ 8 และ 11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (เฉลี่ย 16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (ตารางที่ 1) ซึ่งพบว่ามีน้อยกว่าผักและผลไม้อื่น ๆ อาทิ กะหล่ำปลี มีถึง 470 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ร่างกายต้องการวิตามินซีประมาณวันละ 45 มิลลิกรัม การขาดวิตามินซีทำให้เกิดโรคเลือดปูดลักเปิด

กรดอะมิโน ในชาหม่อนที่ผ่านกระบวนการทำชาจากโรงงานและแบบครัวเรือนทั้งชาเขียวและชาฝรั่งพบกรดอะมิโนซึ่งเป็นส่วนประกอบของโปรตีนจำนวน 18 ชนิด จากกรดอะมิโนที่มีอยู่ทั้งหมด 22 ชนิด และกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับร่างกายมีทั้งหมด 10 ชนิด คือ ไอโซลิวซีน (isoleucine), ลิวซีน (leucine), เมไธโอนีน (methionine), ซีสทีน (cystine) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine), ไทโรซีน (tyrosine), ธรีโอนีน (threonine), และวาลีน (valine), ทริปโตเฟน (tryptophan), ไลซีน (lysine) พบในชาหม่อนทั้งหมด ปริมาณ (เฉลี่ย) 823, 1,644, 167, 58, 1,028, 608, 871, 170, 1,094 และ 1,050 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (รายละเอียด ดังในตารางที่ 2) ในขณะที่แต่ละวัน ร่างกายของคนปกติมีน้ำหนัก 50 กิโลกรัม มีความต้องการกรดอะมิโนเหล่านี้เป็นปริมาณของไอโซลิวซีน 600 มิลลิกรัม ลิวซีน 800 มิลลิกรัม เมไธโอนีนและซีสทีน 500 มิลลิกรัม ฟีนิลอะลานีนและไทโรซีน 800 มิลลิกรัม ธรีโอนีน 400 มิลลิกรัม ทริปโตเฟน 150 มิลลิกรัม ไลซีน 600 มิลลิกรัม และวาลีน 700 มิลลิกรัม (ตารางที่ 2) นอกจากนี้ยังพบกรดอะมิโนที่จำ

เป็นสำหรับเด็กทารกอีก 2 ชนิด คืออาร์จินีน (arginine) และฮิสติดีน (histidine) ปริมาณ 1,034 และ 436 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม อย่างไรก็ตามปริมาณกรดอะมิโนจะพบในเนื้อสัตว์มากกว่าพืช ในการผลิตซาโบทะหม่อน ต้องปฏิบัติตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร เรื่องการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตซาโบทะหม่อน พ.ศ. 2543 ซึ่งประกาศเมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2543 ทั้งนี้เพื่อให้การผลิตเป็นไปตามคุณภาพและมาตรฐานเดียวกัน

ในประเทศไทย ซาโบทะหม่อนเพิ่งมีจำหน่ายเมื่อไม่นานนัก แต่สำหรับชาวญี่ปุ่นแล้วรู้จักดี เพราะเป็นหนึ่งในเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพมาเป็นเวลาช้านานแล้ว เพราะเชื่อว่าสามารถป้องกันโรคความดันโลหิต และเบาหวานได้ เมื่อเร็ว ๆ นี้ นักวิทยาศาสตร์ชาวไทย และชาวญี่ปุ่นพบว่าโบทะหม่อนมีแร่ธาตุและวิตามินที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย โดยรวมสูงกว่าชา อาทิ แคลเซียม โปตัสเซียม เหล็ก สังกะสี วิตามินเอ วิตามินบี 1 และบี 2 และวิตามินซี

ซาโบทะหม่อนได้ผ่านการตรวจสอบคุณลักษณะที่ต้องการของชาแล้ว จากสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) ซาโบทะหม่อนมีรสชาติเฉพาะตัว มีรสฝาดน้อยกว่าชาที่ทำจากใบชา คาเฟอีนในใบโบทะหม่อนมีน้อยกว่าใบชาถึง 200 เท่า คือ พบเพียง 0.01 % หรือบางครั้งไม่พบเลย

1.4. พันธุ์โบทะหม่อนที่นำมาศึกษา คือ บุริรัมย์ 60 ซึ่งได้จากการผสมระหว่างพันธุ์โบทะหม่อนหมายเลข 44 และโบทะหม่อนน้อย โบทะหม่อนหมายเลข 44 เป็นพันธุ์ที่นำมาจากสาธารณรัฐประชาชนจีน เป็นพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูง แต่ใช้เวลานานพันธุ์ปลูกชำในแปลงโดยตรงไม่ได้ เพราะอัตราการออกรากต่ำ จึงได้นำโบทะหม่อนทั้ง 2 พันธุ์มาผสมกัน โดยมีเป้าหมายที่จะใช้พันธุ์ปลูกในแปลงโดยตรง หรือปักชำก่อนปลูก และจากการคัดเลือกโบทะหม่อนลูกผสมมากกว่า 36 พันธุ์ ได้โบทะหม่อนที่มีลักษณะดีเด่นพันธุ์บุริรัมย์ลูกผสม 60 ผ่านการรับรองพันธุ์เมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2530 ลักษณะเด่นของมันคือ ตอบสนองต่อปุ๋ยดี ให้ผลผลิตต่อไร่สูง การเจริญเติบโตดี อัตราการออกรากมาก ขนาดใบใหญ่หนา อ่อนนุ่มไม่เหนียวง่าย มีการแตกกิ่งเร็ว ด้านทานต่อโรคใบด่าง ไม่เหมาะกับการปลูกในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หรือปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอ

ลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์บุริรัมย์ 60 คือ เป็นโบทะหม่อนต้นตัวเมีย รูปร่างใบแบบ Ovate ผิวใบเรียบ ขอบใบไม่หยัก ก้านใบยาว 4.3 เซนติเมตร ขนาดใบ 18.9×27.2 เซนติเมตร ทรงต้นตั้งตรง ระยะปล้อง 5 เซนติเมตร ผลผลิตเฉลี่ย 4,328 กิโลกรัมต่อไร่

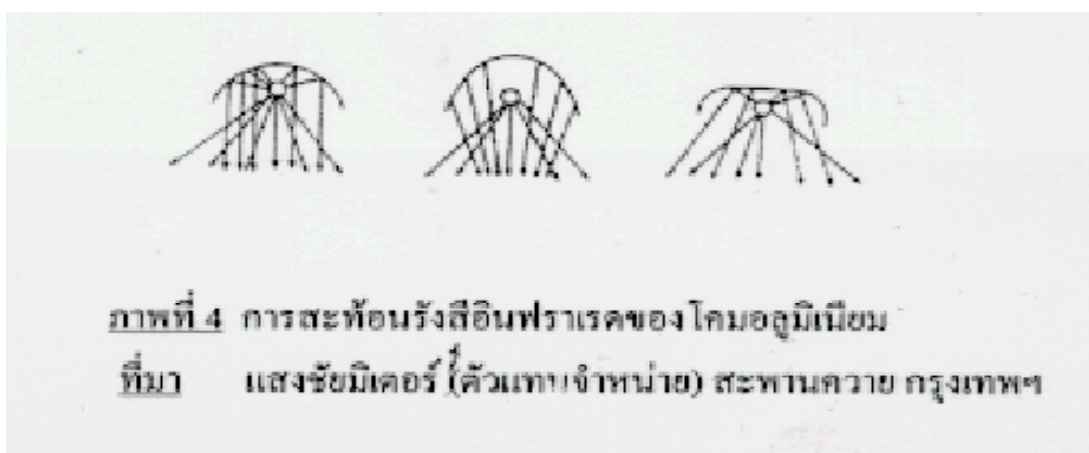
1.5. รังสีอินฟราเรด (infrared ray)

ถ้าเรามองดูแสงอาทิตย์ผ่านแท่งปริซึม (Prism) เราจะเห็นสายรุ้งสีต่าง ๆ ตามลำดับคือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแดง ซึ่งรวมกันเป็นแสงแดด ซึ่งเรามองเห็นได้ สีเหล่านี้คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.22 μ และ 0.72 μ นั่นเอง ยังมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เรามองไม่เห็นอยู่อีก เรียกว่า รังสีอัลตราไวโอเล็ต และรังสีอินฟราเรด

รังสีอินฟราเรด อยู่ใต้แถบสีแดงของสเปกตรัม (spectrum) มีความยาวคลื่น 7,700 – 420,000°A (อังสตรอม) สเปกตรัมของอินฟราเรดสามารถให้ความร้อนต่อวัตถุได้ โดยที่คลื่นมีผลต่อ

การสั่นตัวของโมเลกุลอย่างต่อเนื่อง ความถี่ในการสั่นจะกำหนดได้โดยจำนวนการสั่นของโมเลกุล แต่ละโมเลกุลมีค่าการสั่นที่แตกต่างกัน ความถี่ในการสั่นของโมเลกุลจะขึ้นอยู่กับความถี่ของอินฟราเรดที่โมเลกุลสามารถดูดซึมได้ การแผ่รังสีของอินฟราเรดที่ดูดซึมได้จะทำให้เกิดการสั่นของโมเลกุลเพิ่มขึ้น การเพิ่มพลังงานในการสั่นจะทำให้เกิดการกระจายความร้อน

Infrared ได้ถูกแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ คลื่นสั้น (Short wave) คลื่นกลาง (Medium wave) และคลื่นยาว (Long wave) รังสีอินฟราเรดคลื่นยาวที่มีลำแสงตรงสามารถจัดให้ตกลงบนวัตถุที่ต้องการได้ง่ายโดยให้คอมสะท้อนรังสี ถ้ารูปตัดขวาง (cross section) ของคอมสะท้อนรังสีโค้งเป็นรูปไข่ รังสีที่สะท้อนกลับจะส่องขนานกัน ไปยังวัตถุที่จะรับความร้อน คอมอะลูมิเนียมมีคุณสมบัติในการสะท้อนรังสีได้ดีเยี่ยม ในขณะที่คอมสแตนเลสมีคุณสมบัติด้อยกว่าเล็กน้อย คอมรังสีรูปไข่กับแบบเรียบมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการสะท้อนรังสีแตกต่างกันถึง 30% ดูจากรูป



การแผ่รังสีความร้อนของรังสีอินฟราเรดเป็นไปตามกฎการแผ่พลังงานของ สเตฟาน-โบลแมน กล่าวคือ อัตราการแผ่พลังงานแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิของแหล่งให้ความร้อนยกกำลังสี่

ในห้องปฏิบัติการและงานคลินิกจะใช้หลอดแสงอินฟราเรดซึ่งมีไส้หลอดทั้งสแตนเลสให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ ให้ความยาวคลื่น 10,000-20,000 °A นอกจากนี้เลเซอร์บางแบบให้รังสีอินฟราเรดอีกด้วย รังสีอินฟราเรดให้ความร้อนในการทะลุทะลวงสูง ใช้ในการทำให้อาหารสุกและในการถ่ายรูป เป็นต้น

ในกระบวนการผลิตอาหารแห้งนิยมนำรังสีอินฟราเรดชนิดคลื่นยาวมาใช้ เพราะให้การดูดซึมดีกว่ารังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น ทั้งนี้เพราะจากเหตุผลที่ว่า การสั่นสะท้อนของโมเลกุลของอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับความยาวคลื่นระหว่าง 3-100 μ ซึ่งในระดับนี้เกือบจะไม่มี การดูดซึมของรังสีคลื่นสั้นเลย มีการวิจัยการอบแห้งแครอท บีทรูท และ Jerusalem artichokes โดยใช้รังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิต่ำ พบว่าผักแห้งที่ได้สามารถรักษา คุณภาพอาหาร (สี กลิ่น สารอาหารหลัก ธาตุอาหารที่มีจำนวนเล็กน้อย) ไว้ได้มาก น้ำที่ระเหยออกไปไม่ทำลายผนังเซลล์ การคินตัว (เมื่อเติมน้ำ) สามารถทำได้รวดเร็ว และ

ได้ขนาดเท่าเดิม สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้นานเกิน 1 ปี ผู้วิจัยแนะนำให้ใช้ผลิตภัณฑ์นี้ใน Siberia เพราะสามารถทดแทนอาหารสดได้ดี

เปรียบเทียบการทำผลกีวี่แห้ง (*Actinidia deliciosa*) ระหว่างการใช้ตู้อบแห้ง (oven drying) กับรังสีอินฟราเรด พบว่าค่าที่ได้ให้ความถูกต้องตรงกัน แต่การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดใช้เวลาน้อยกว่า ซึ่งเวลาที่ใช้นี้เทียบเท่าการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ

ออกแบบและทดสอบตู้อบแบบอุโมงค์ (tunnel type oven) สำหรับการทำให้แห้งผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยการใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรด วัดค่าปัจจัยคุณภาพทั้งทางทฤษฎี และทางปฏิบัติ สรุปได้ว่า ตู้อบดังกล่าวทำได้ง่าย ราคาถูก และน่าเชื่อถือ

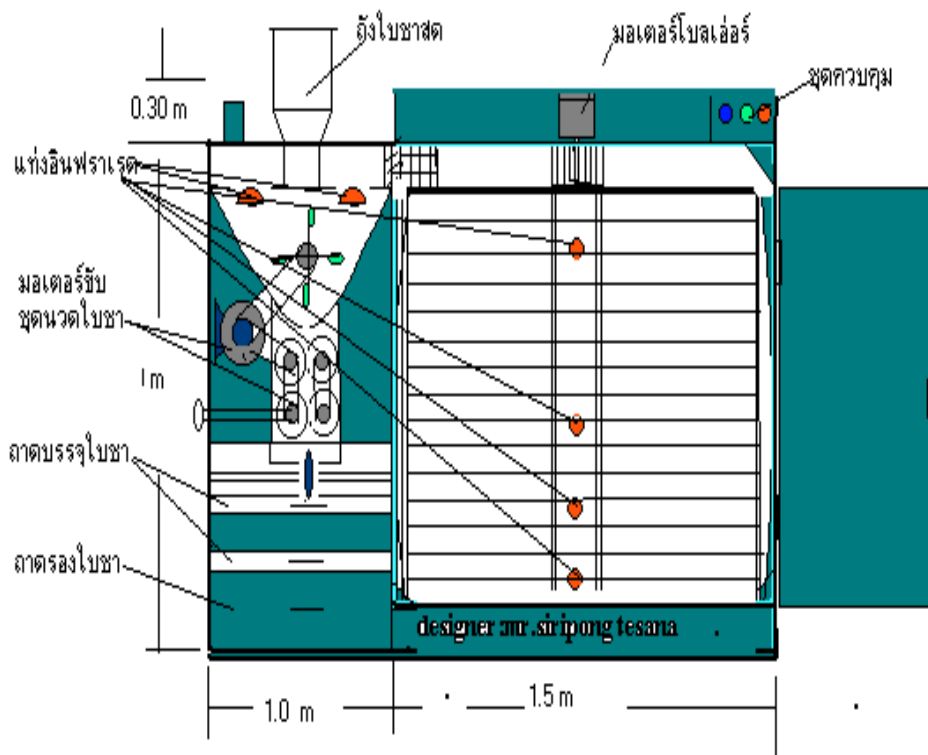
ทดลองทำสมุนไพรแห้ง (*Mentha piperita*, *Agastache foeniculum*, *Petroselinum crispum* และ *Angelica archangelia*) ที่เจริญในฟินแลนด์ โดยใช้ Near Infrared พบว่ารังสีนี้มีศักยภาพในการอบแห้งสมุนไพร เพราะว่าให้ความร้อนที่ไม่รุนแรง และประหยัดเวลา

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตชาใบหม่อน โดยใช้เครื่องนวดแทนการนวดด้วยมือ และใช้ตู้อบรังสีอินฟราเรด (ช่วงคลื่นยาว) แทนตู้อบที่ใช้แก๊ส
2. เพื่อทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ในด้านกายภาพ-เคมี ของกระบวนการผลิตใหม่ เปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตเดิม

3. วิธีการวิจัย

3.1. การศึกษาเบื้องต้น โดยการค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ การไปพบผู้ประกอบการ เพื่อศึกษาการผลิตจริง



ภาพที่ 5 แบบของเครื่องนวดและตู้อบ

3.2. การออกแบบ ออกแบบเครื่องนวด และตู้อบรังสีอินฟราเรด ตลอดจนอุปกรณ์และชิ้นส่วนประกอบย่อยต่างๆ ที่เหมาะสมกับระบบการผลิตในครัวเรือน คือประหยัดพลังงาน ราคาไม่แพงเกินไป มีรูปแบบและการควบคุมดูแล ที่ไม่ซับซ้อน มีกำลังการผลิตเหมาะสม จึงไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรแบบอุตสาหกรรม การออกแบบเครื่องนวดและตู้อบชาใบหม่อน แสดงดังภาพที่ 5

3.3. การสร้างเครื่องนวด และตู้อบรังสีอินฟราเรด ครอบคลุมถึงการจัดหาชิ้นส่วน การจ้างทำชิ้นส่วน และการประกอบชิ้นส่วนย่อยเข้ากับระบบ โดยว่าจ้างบริษัท บอสโกเอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด จังหวัด ฉะเชิงเทรา

ลักษณะของเครื่องจักร มีองค์ประกอบหลักคือ เครื่องนวดและตู้อบขาไ้หม่อน ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1. ส่วนของการให้ความร้อนเบื้องต้น

2. ส่วนของการนวดใบชา

3. ส่วนของตู้อบใบชา

ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

1. ส่วนของการให้ความร้อนเบื้องต้น ประกอบด้วย

1.1. ถังบรรจุวัตถุดิบ

1.2. ชุดให้ความร้อนแบบอินฟราเรด

1.3. ชุดควบคุมอุณหภูมิ

1.4. แผ่นให้ความร้อน

1.5. ชุดแกน (ซีสแตนเลส) สำหรับพลิกกลับวัตถุดิบ

ถังบรรจุวัตถุดิบทำจากสแตนเลสที่ใช้กับอาหารได้ ภายในถังนี้ จะประกอบด้วย ซีสแตนเลส ชุดอินฟราเรดทำเป็นโคมไฟด้านฝาของตัวถังประกอบด้วยหลอดอินฟราเรด 3 หลอด (หลอดละ 250 วัตต์) และมีแผ่นให้ความร้อน 2 แผ่น(แผ่นละ 250 วัตต์) ติดอยู่ที่ถังทั้ง 2 ด้าน เพื่อช่วยให้ความร้อนสูงตามต้องการ ซึ่งความร้อนที่ให้กับใบหม่อนช่วงนี้เพื่อเป็นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และเป็นการไล่ความชื้นออกจากใบด้วยอุณหภูมิสูงประมาณ 90°C ส่วนซีสแตนเลสจะหมุนอยู่ภายในเพื่อทำหน้าที่คลุกเคล้าและแยกใบหม่อนให้ออกจากกันไม่ติดกันเป็นก้อน และทำให้ใบหม่อนหมุนวนอยู่ภายในถังพัก เพื่อกระจายความร้อนให้ทั่วถึง เซลล์ใบหม่อนจะแตก จากการกระทบกับถัง และซีสแตนเลส ทำให้น้ำภายในเซลล์ออกมาภายนอกและระเหยออกไป ซึ่งเปรียบเทียบกับได้กับขั้นตอน Loosening และมีลิ้นปิดเปิดใบหม่อนลงมาสู่ลูกกลิ้งต่อไป

2. ส่วนการนวดใบหม่อนประกอบด้วย

2.1. ชุดควบคุมการนวด

2.2. ชุดลูกกลิ้งและการส่งถ่ายกำลัง

ส่วนของการนวด ประกอบด้วยลูกกลิ้งซึ่งทำด้วยพลาสติกชนิดซูปเปอร์ลินที่ใช้กับอาหารได้ ลูกกลิ้งจะถูกเจาะเป็นร่องยาวโดยรอบขนาดความลึก ประมาณ 3 มม. เพื่อเพิ่มเนื้อที่สัมผัสให้มากขึ้น มีลูกกลิ้งทั้งหมด 2 ชุด ทำหน้าที่นวดโดยแรงกดอัด ซึ่งควบคุมโดยสปริง ขณะที่นวดลูกกลิ้งจะหมุนเข้าหากัน (ควบคุมด้วยมอเตอร์และชุดเฟือง) ทำให้ใบหม่อนเคลื่อนไปตามลูกกลิ้ง ในขั้นนี้เซลล์ใบจะซ้ำ

3. ส่วนของตู้อบ เป็นตู้สแตนเลส ประกอบด้วย

3.1. ระบบการควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมด้วยไมโครวัตต์อุณหภูมิ

3.2. แท่งอินฟราเรด (คลื่นยาว) 5 หลอดๆละ 650 วัตต์

3.3. ระบบลม ควบคุมด้วยพัดลม

3.4. ตะแกรงบรรจุวัตถุดิบ 16 ตะแกรง

ส่วนนี้ สามารถทำให้ใบหม่อนแห้งได้จากการแผ่รังสีความร้อนจากหลอดอินฟราเรด สามารถนำไปใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อื่น เพราะสามารถให้ความร้อนได้สูงถึง 200 °ซ

ดังนั้นเครื่องนวดและคู่นี้ ใช้ระบบไฟฟ้า แรงดัน 380 โวลท์ 4 สาย

ชุดวงจรควบคุม ใช้แรงดัน 220 โวลท์

มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด ½ แรงม้า 1 ตัว 3 เฟส 380 โวลท์

มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า 1 ตัว 3 เฟส 380 โวลท์

แท่งความร้อน แบบหลอดอินฟราเรด ขนาด 250 วัตต์ 3 แท่ง

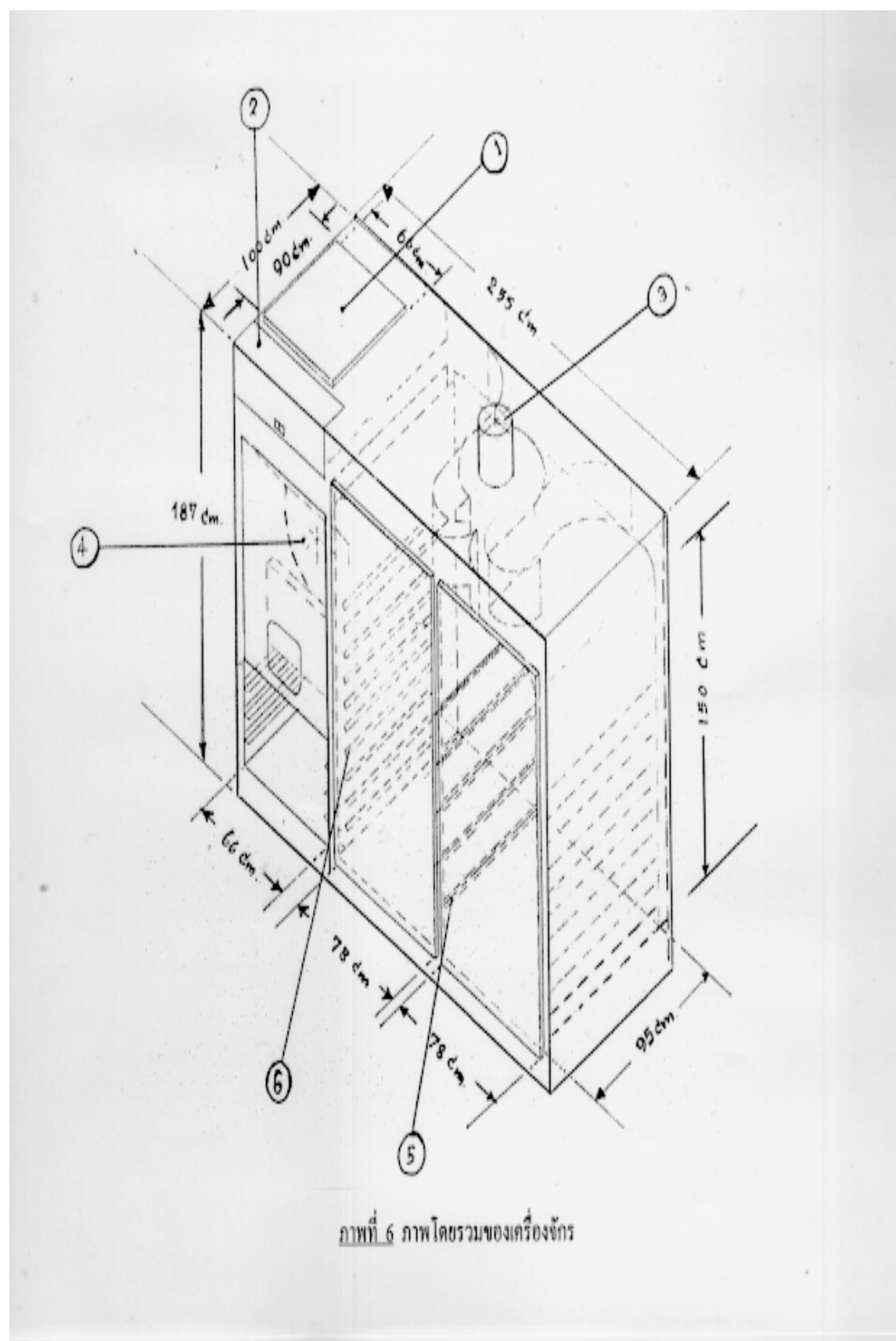
แท่งความร้อน แบบหลอดอินฟราเรด ขนาด 650 วัตต์ 5 แท่ง

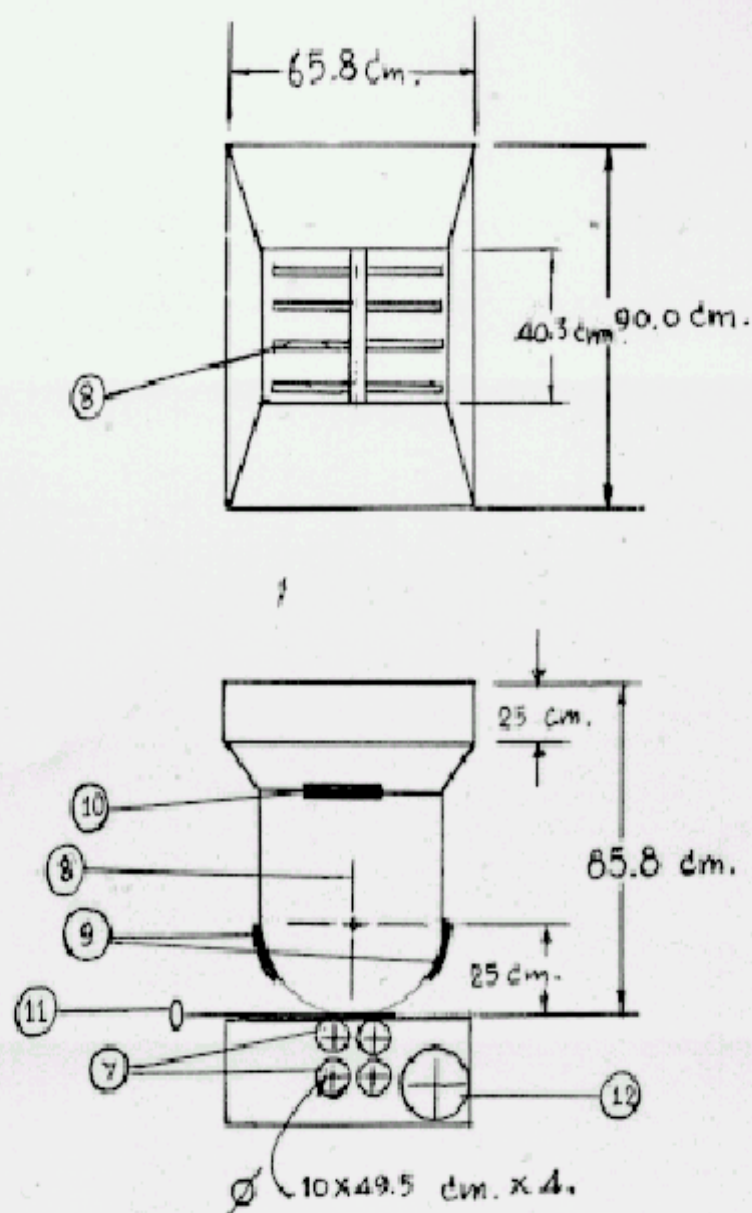
แผ่นความร้อน ขนาด 250 วัตต์ 2 แผ่น

ซึ่งรวมเป็นค่ากำลังงานแบบเต็มภาระ 5623 วัตต์

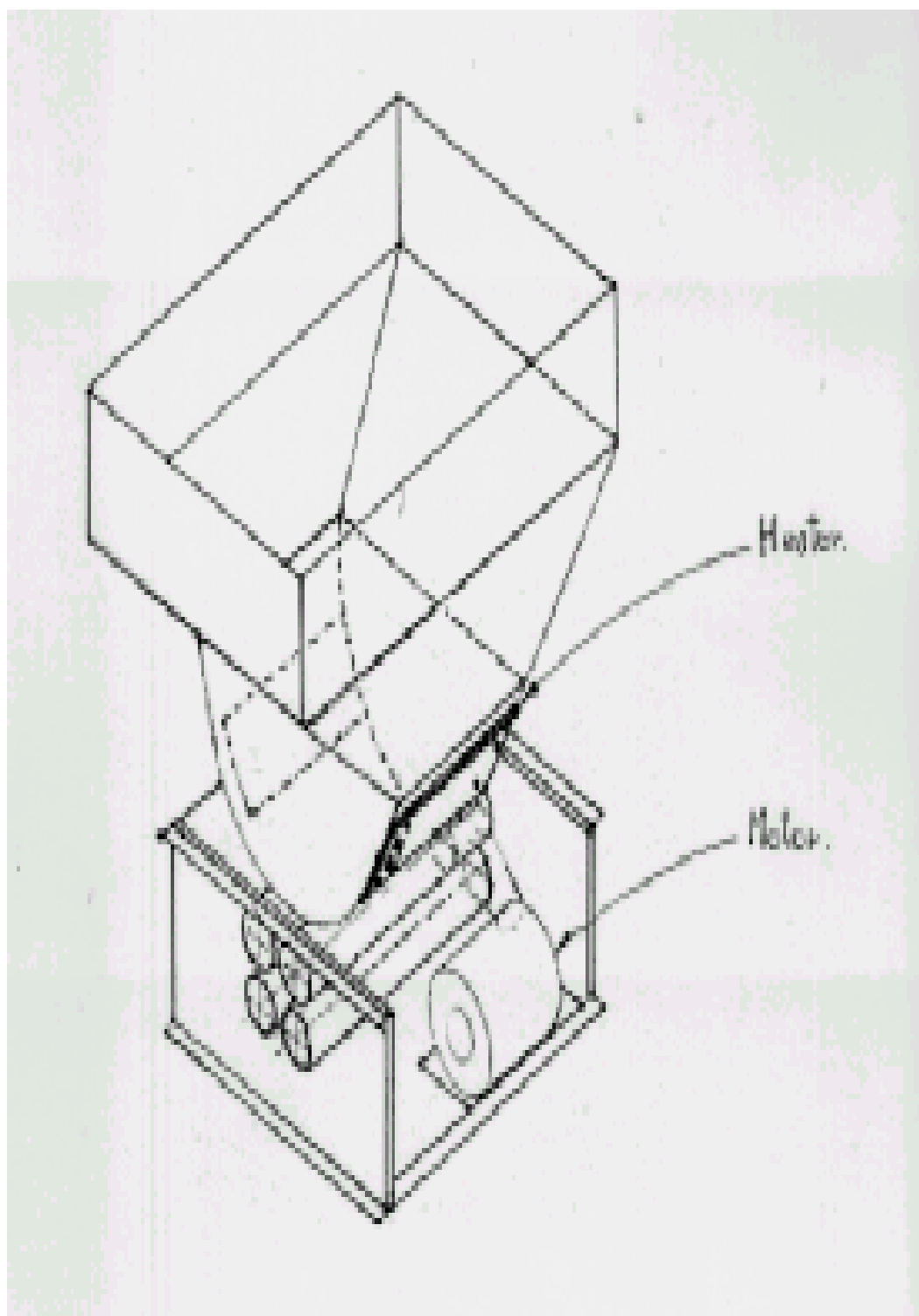
ลักษณะของเครื่องจักรแสดงเป็นภาพ 3 มิติ ดังภาพที่ 6-10 ซึ่งแต่ละภาพ (6-7) จะมีหมายเลขกำกับ เพื่อชี้แสดงส่วนต่างๆ ซึ่งแต่ละหมายเลข หมายถึงส่วนของเครื่องจักร ดังนี้

- | | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| 1. ฝาถังใส่วัตถุดิบ | 7. ชุดลูกกลิ้งที่ใช้ในการนวด |
| 2. กล่องควบคุมการทำงานของเครื่อง | 8. ใบกวนในถังใส่วัตถุดิบ |
| 3. มอเตอร์พัดลม | 9. Heater |
| 4. ถังใส่วัตถุดิบ | 10 ชุดอินฟราเรด |
| 5. แท่งอินฟราเรด | 11. ลีนปิดเปิดใบหม่อนสู่เครื่องนวด |
| 6. ชั้นวางตะแกรง | 12. Motor |

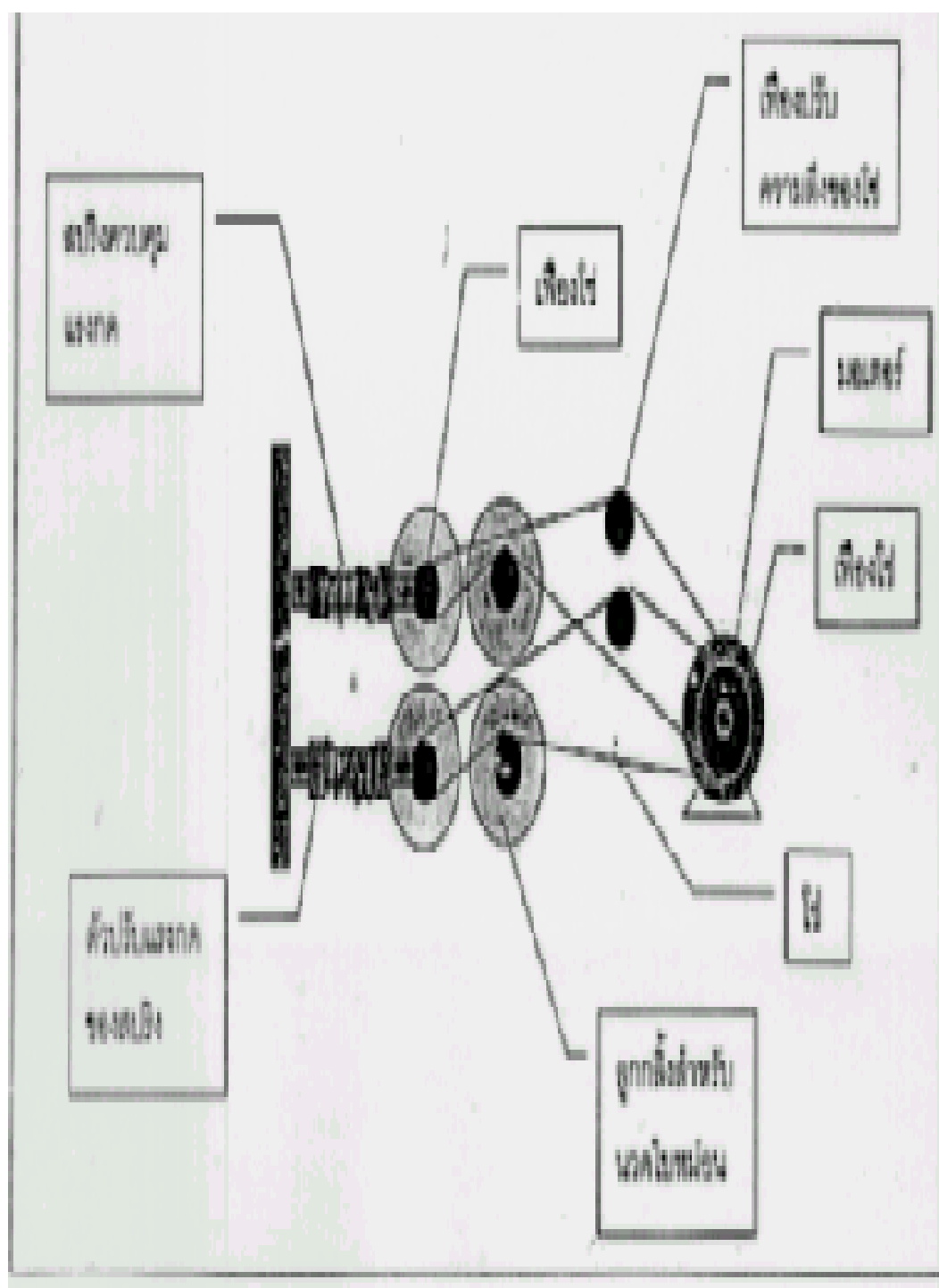




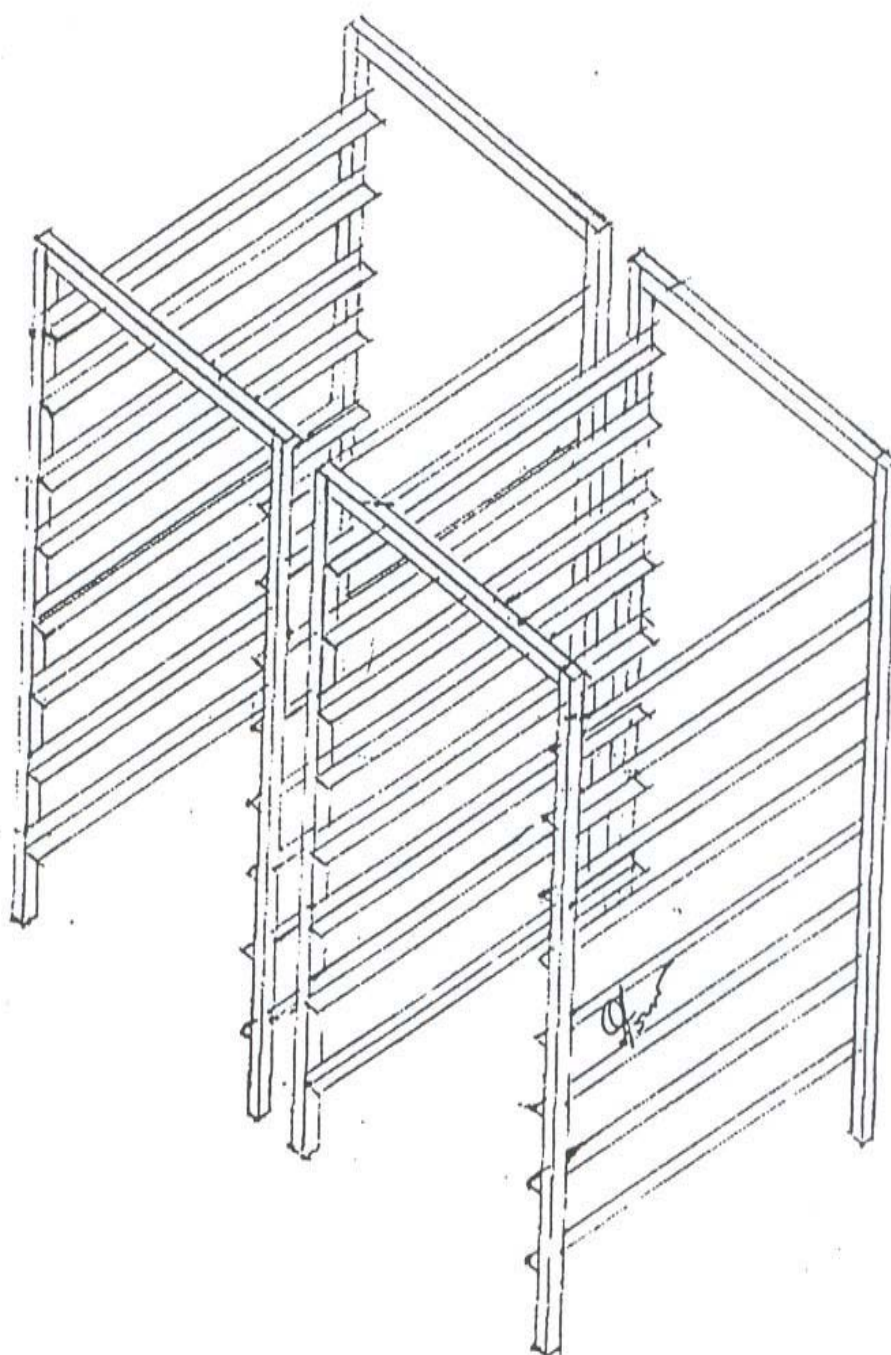
ภาพที่ 7 ไม้กวาด ถังรับวัตถุดิบ และชุดขนาด



ภาพที่ 8 ถังรับวัตถุดิบ และชุดนวด



ภาพที่ ๑ กลไกการส่งกำลังและการควบคุมการนวดใบหม่อน



ภาพที่ 10 โครงรับตะแกรง

ภาพถ่ายแสดง ดังภาพที่ 11-17



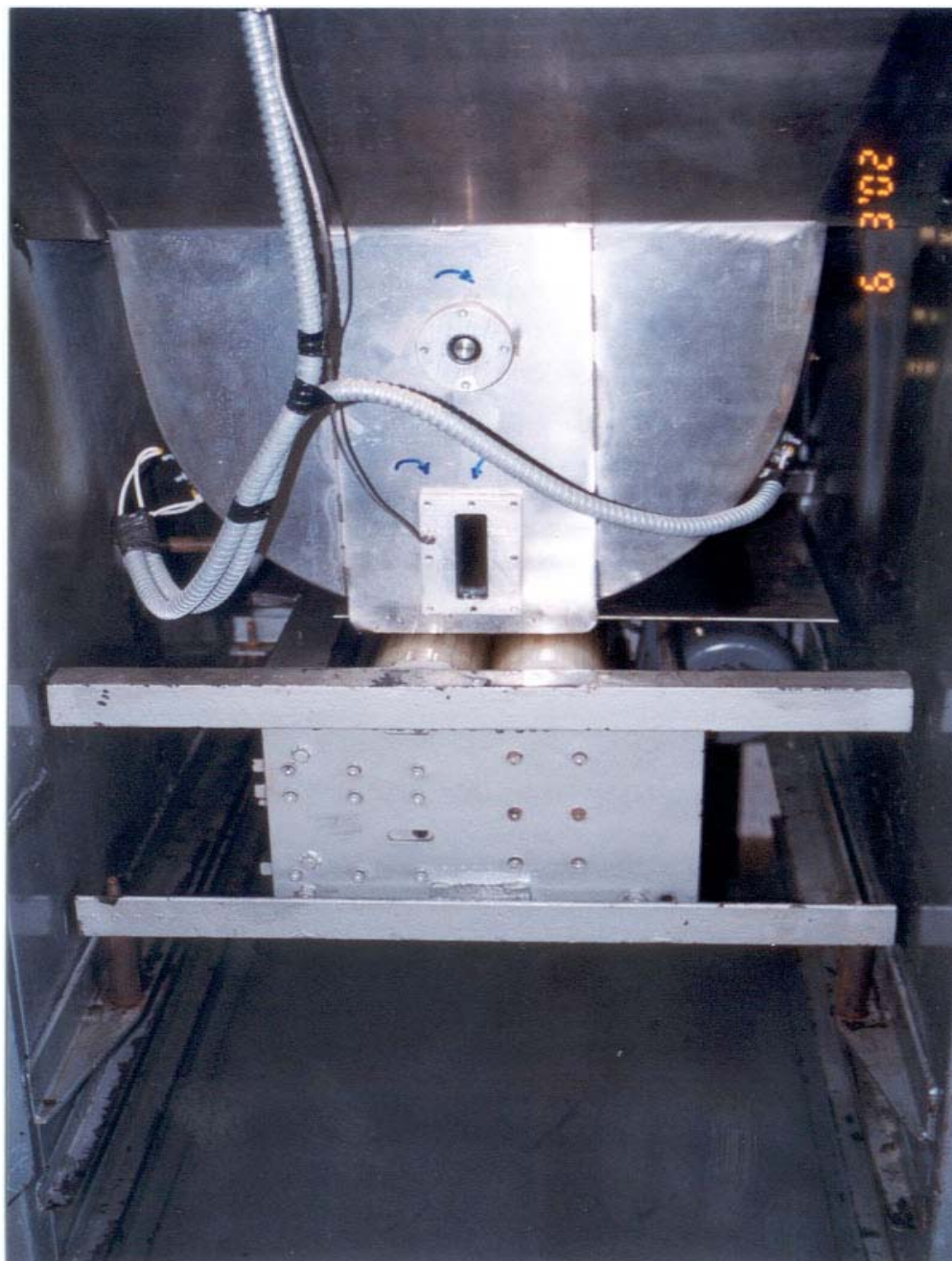
ภาพที่ 11 ด้านหน้าของเครื่องนวด และตู้อบ



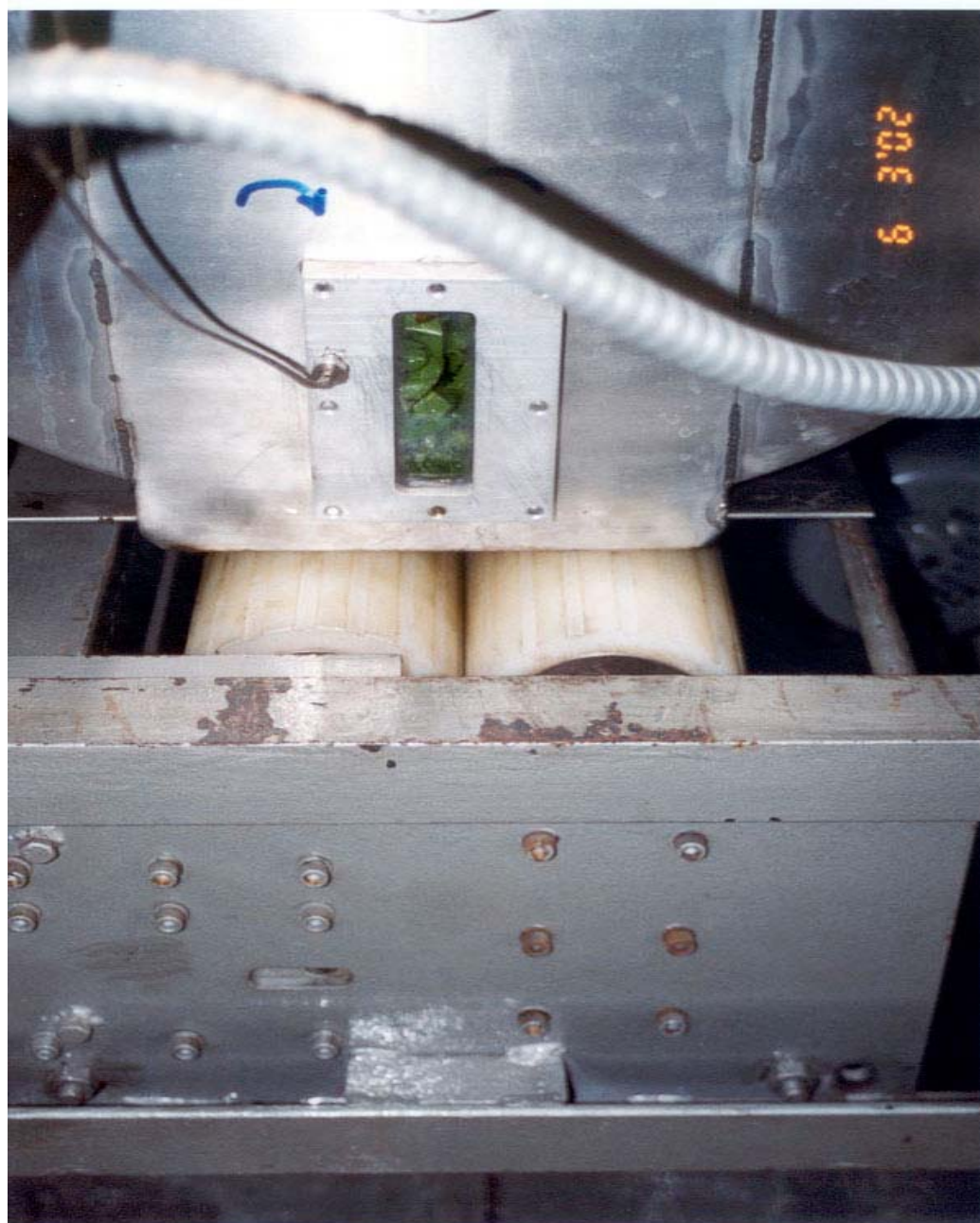
ภาพที่ 12 ด้านหลังของเครื่องนวดและตุ๋น



ภาพที่ 13 ส่วนถังรับวัตถุดิบเมื่อเปิดฝาออก



ภาพที่ 14 ถังรับวัตถุดิบด้านนอก ที่มีแผ่นให้ความร้อน ทั้ง 2 ด้าน และลูกกลิ้ง



ภาพที่ 15 ถังรับวัตถุบดขณะที่มีใบหม่อนอยู่ภายใน



ภาพที่ 16 หลอดอินฟราเรดภายในตู้อบ



ภาพที่ 17 ตะแกรงภายในตู้เย็น



ภาพที่ 18 ใบหม่อนพันธุ์ บร. 60

3.4. การทดสอบการทำงานและปรับปรุงแก้ไข เป็นการทดสอบการใช้งานตามสภาพจริง เพื่อปรับปรุงหรือแก้ไขให้สมบูรณ์ โดยวางแผนการทดลองดังนี้

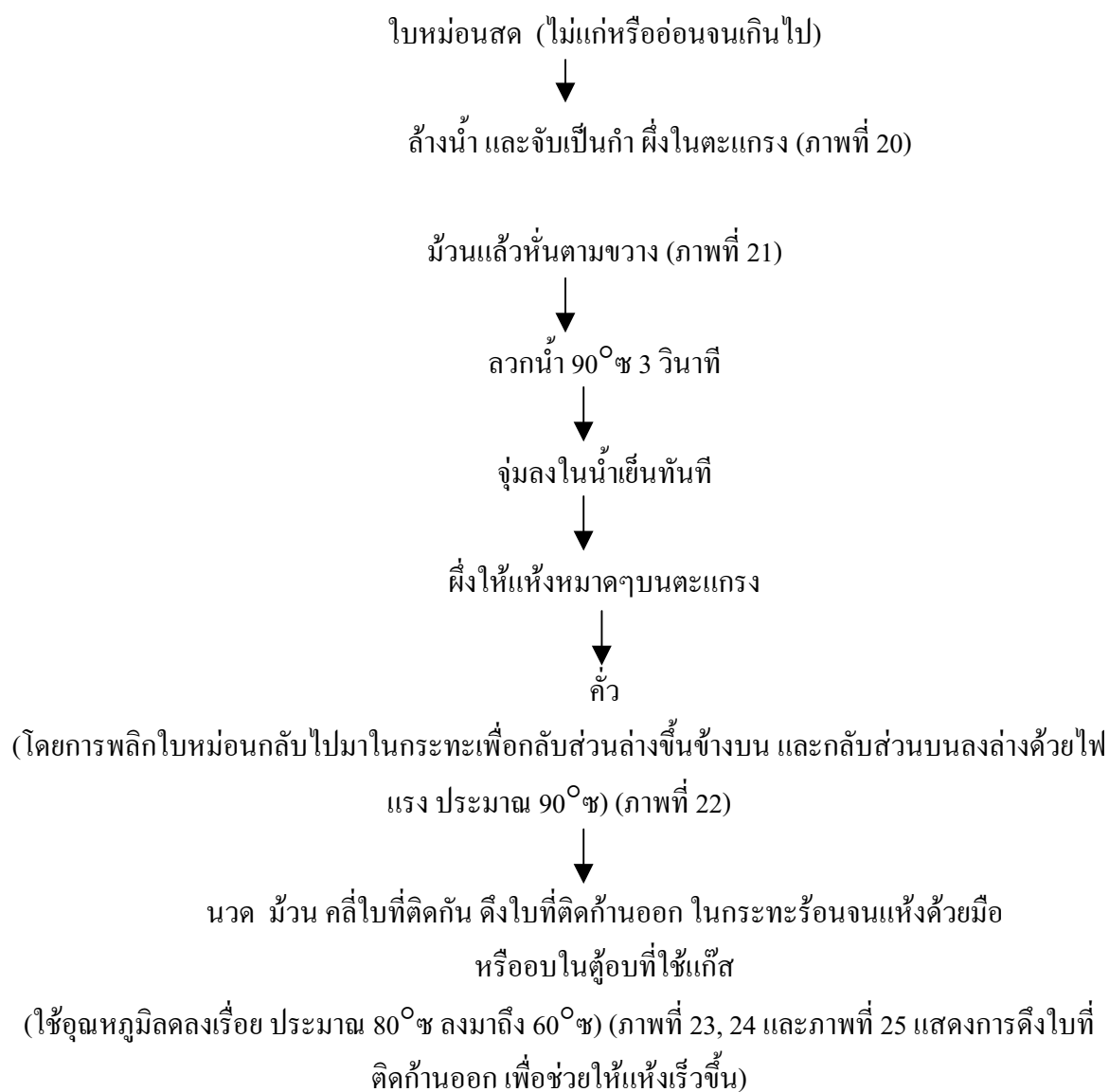
1. วัดอุณหภูมิ ใบหม่อนพันธุ์ บร. 60 ปลุกที่ดอนขุนห้วย จ. เพชรบุรี (ภาพที่ 18)
2. อุปกรณ์ ประกอบด้วย กระทะพร้อมถังแก๊ส ตู้อบที่ใช้แก๊ส (ภาพที่ 19) เครื่องนวดและตู้อบที่สร้างขึ้น



ภาพที่ 19 ตู้อบที่ใช้แก๊ส

3. สิ่งทดลอง ประกอบด้วย ดังนี้

- กระบวนการเดิมมี 2 สิ่งทดลอง คือชาเขียว และชาฝรั่ง ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิตดังนี้

ชาเขียว

ชาฝรั่ง ไม่มีการลวก แต่ เริ่มจากการคั่วในกระทะ และทำต่อไปแบบเดียวกับชาเขียว



ภาพที่ 20 การล้างและเรียงใบหม่อน



ภาพที่ 21 การหั่นใบหม่อน



ภาพที่ 22 การคั่วใบหม่อน



ภาพที่ 23 การนวดใบหม่อน



ภาพที่ 24 การมัดใบหม่อน



ภาพที่ 25 การดองใบจากก้านหม่อน

- กระบวนการใหม่ เริ่มจากใบชาสดที่เก็บมาพร้อมกัน นำมาล้างและหั่นเช่นเดียวกัน ต่อจากนั้นนำมาเข้าส่วนของการให้ความร้อนเบื้องต้นด้วยแสงอินฟราเรด และแผ่นให้ความร้อน ต่อด้วยส่วนของการนวดใบชา และ ส่วนของการอบใบชาด้วยแสงอินฟราเรด ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง คือ

- เวลानวด 20 นาที และอบที่อุณหภูมิ ประมาณ 70 °ซ

- เวลานวด 20 นาที และที่อบที่อุณหภูมิ ประมาณ 80 °ซ

- เวลานคร 25 นาที และอบที่อุณหภูมิประมาณ 70 °ซ

- เวลานคร 25 นาที และที่อบอุณหภูมิ ประมาณ 80 °ซ

3.5. วัดผลการทดลอง ดังนี้

3.5.1. หาน้ำหนักใบหม่อนที่สามารถนวดได้สูงสุด โดยที่คุณภาพใบหม่อนพอใช้ได้ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องนวด

3.5.2. หาน้ำหนักใบหม่อนที่สามารถอบแห้งได้เหมาะสมต่อถาด เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพตู้อบ

3.5.3. เก็บตัวอย่างทุก 15 นาที และนำมาทำกราฟเปรียบเทียบในแต่ละสิ่งทดลอง เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการลดความชื้นของตู้อบ

3.5.4. ตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ เก็บข้อมูลลักษณะวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ โดยนำหามาบดละเอียดด้วยเครื่องบด แล้วบรรจุใส่กระดาษสา ถุงละประมาณ 1.7 กรัม แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมี โดยที่น้ำชา จะเป็นการชงชาโดยใช้ชาผง 1 ถุง ต่อน้ำร้อน 200 กรัม แช่ไว้ 5 นาที

- วัดค่าสีของผงชา และน้ำชา ด้วยเครื่อง datacolor international color ในระบบ CIELAB เป็นค่า $L^* a^* b^*$

- วัดความชื้นของผงชา โดยหาปริมาณความชื้นที่หายไป ด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 100 °ซ

- วัด a_w ของผงชา ด้วยเครื่อง Novasina จากสวิสเซอร์แลนด์

- วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำของน้ำชา ด้วยเครื่อง Refractometer (atago) โดยหยดน้ำชาที่มีอุณหภูมิ 20 °ซ ลงบนแผ่นกระจกของเครื่อง Refractometer แล้วส่องดูค่า Refractive index ค่าที่ได้เป็น °Brix

- วัด pH ของน้ำชา ด้วยเครื่อง ORION model 410 A

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan s New Multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS

- คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำชา (สี กลิ่น กลิ่นรส และความชอบรวม) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ผู้ชิม 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสมุนไพรรพชบุรี และจากสถาบันคั่นควา และพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic Rating Scale วิเคราะห์ความแปรปรวนในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan s Multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS

3.6. เปรียบเทียบต้นทุนการผลิต ระหว่างกระบวนการผลิตเดิมและกระบวนการผลิตใหม่

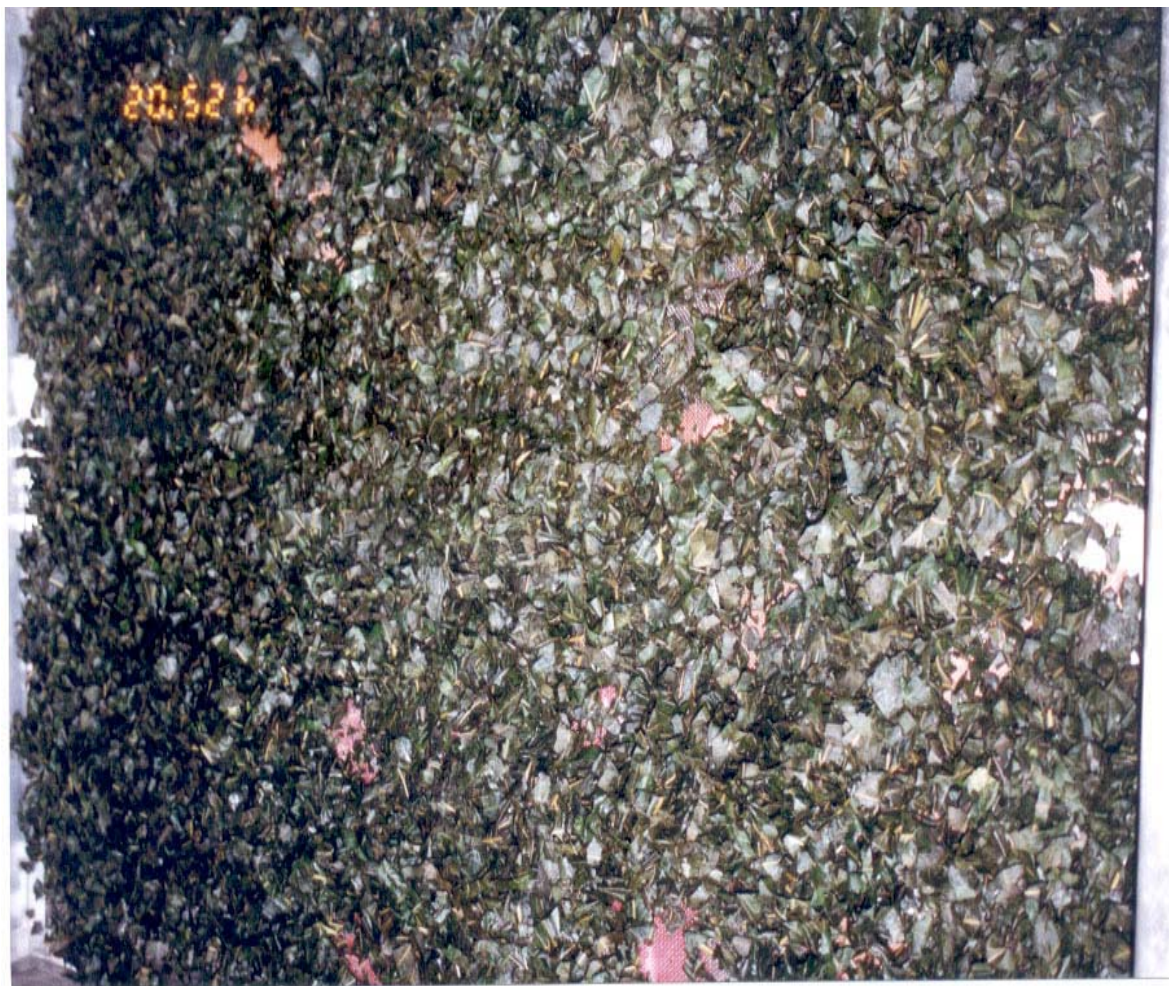
3.7. จัดทำคู่มือการใช้งาน และการบำรุงรักษา

4. ผลการวิจัย และการวิจารณ์

4.1. ผลการทดสอบการทำงาน

ในกระบวนการผลิตเดิมในการผลิต 1 กระทะ รับใบหม่อนได้สูงสุด 0.5 ก.ก. และได้ชาประมาณ 0.1 ก.ก. หรือคิดเป็น 20% โดยใช้เวลาทั้งหมด ประมาณ 50 นาที

ในกระบวนการผลิตใหม่ ลักษณะเครื่องจักรเป็นแบบชุด สามารถนวดได้สูงสุดครั้งละ 5 ก.ก. ระยะเวลาการนวดประมาณ 20-25 นาที ลักษณะใบหม่อนหลังนวดจะชำ และมีสีออกน้ำตาล (ภาพที่ 26) ในช่วงการอบ สามารถอบใบหม่อนได้ 2 ก.ก. ต่อ 1 ตะแกรง ใช้เวลาการอบที่อุณหภูมิ 70-80°C ประมาณ 75 นาที ใบหม่อนที่ได้ แดกออกเป็นชั้นเล็กๆ แห้งกรอบ สีเขียวคล้ำ (ภาพที่ 27) เนื่องจากมีตะแกรงทั้งหมดในตู้อบ 16 ตะแกรง จึงสามารถอบใบหม่อนได้สูงสุดประมาณ 32 ก.ก. และได้ชาประมาณ 6.4 ก.ก. คือประมาณ 20% เช่นเดียวกัน

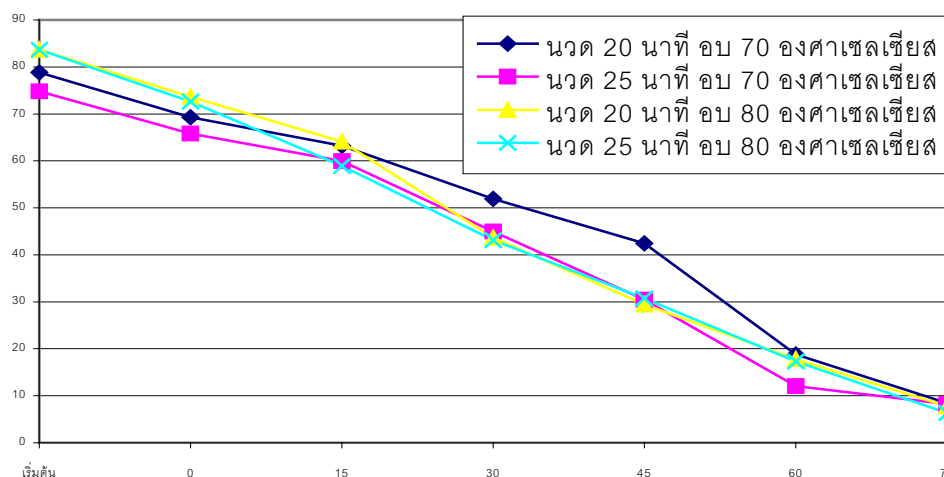


ภาพที่ 26 ใบหม่อนที่ผ่านการนวดแล้ว



ภาพที่ 27 ใบหม่อนหลังจากอบแล้ว

4.2. ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพการลดความชื้นของตู้อบ ได้ผลดังกราฟ ในภาพที่ 28



ภาพที่ 28. กราฟแสดงการลดความชื้นทุกช่วง 15 นาที ของสิ่งทดลองต่างกัน
(แกน x คือเวลา เป็นนาที แกน y เป็น % ความชื้น)

จากกราฟในภาพที่ 28 เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความชื้นเริ่มต้นของใบหม่อนให้เท่ากันได้ ทำให้ความชื้นเริ่มต้นไม่เท่ากัน คือใบหม่อนที่อบที่อุณหภูมิ 80°C นวด 20 และ 25 นาที มีความชื้นสูงกว่าสิ่งทดลองที่อบที่ 70°C ทำให้ต้องระเหยปริมาณน้ำออกไปมากกว่า แต่รวมเวลาในการอบแห้งใช้เวลาเท่ากัน นั่นคือ 75 นาที แสดงว่าการใช้ อุณหภูมิสูงสามารถลดความชื้นได้เร็วกว่า สำหรับการนวดที่เวลาต่างกัน คือ 20 และ 25 นาที เห็นผลแตกต่างไม่ชัดเจนนัก อย่างไรก็ตาม การใช้เวลานานมากขึ้น เซลล์ใบหม่อนจะแตกมากขึ้น น้ำในใบชาจะซึมออกมาเยอะ ทำให้อัตราการระเหยของน้ำเร็วขึ้น สังเกตจากค่าความชื้นสุดท้ายของเวลาการนวด 25 นาที จะน้อยกว่าเวลาการนวด 20 นาที (ตารางที่ 4)

4.3. ตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 3. ลักษณะสีของผงชาและน้ำชา (ค่าเฉลี่ย จาก 2 ซ้ำ)

ตัวอย่าง	ผงชา			น้ำชา		
	L*	a*	B*	L*	a*	B*
20:70	45.06 ^a	-1.11 ^b	10.34 ^a	74.54 ^a	0.68 ^a	21.40 ^{dc}
20:80	44.59 ^{ab}	-1.26 ^b	10.01 ^a	73.34 ^c	0.58 ^c	22.23 ^a
25:70	42.92 ^{bc}	-0.27 ^a	7.61 ^b	73.77 ^b	0.55 ^d	21.24 ^d
25:80	42.25 ^{dc}	-0.22 ^a	6.92 ^{bc}	73.27 ^c	0.62 ^b	21.74 ^{bc}
ชาเขียว	40.63 ^d	-0.08 ^a	5.16 ^d	73.42 ^c	0.07 ^f	21.99 ^{ba}
ชาฝรั่ง	41.13 ^{dc}	-0.37 ^a	5.55 ^{cd}	72.66 ^d	0.21 ^e	22.30 ^a

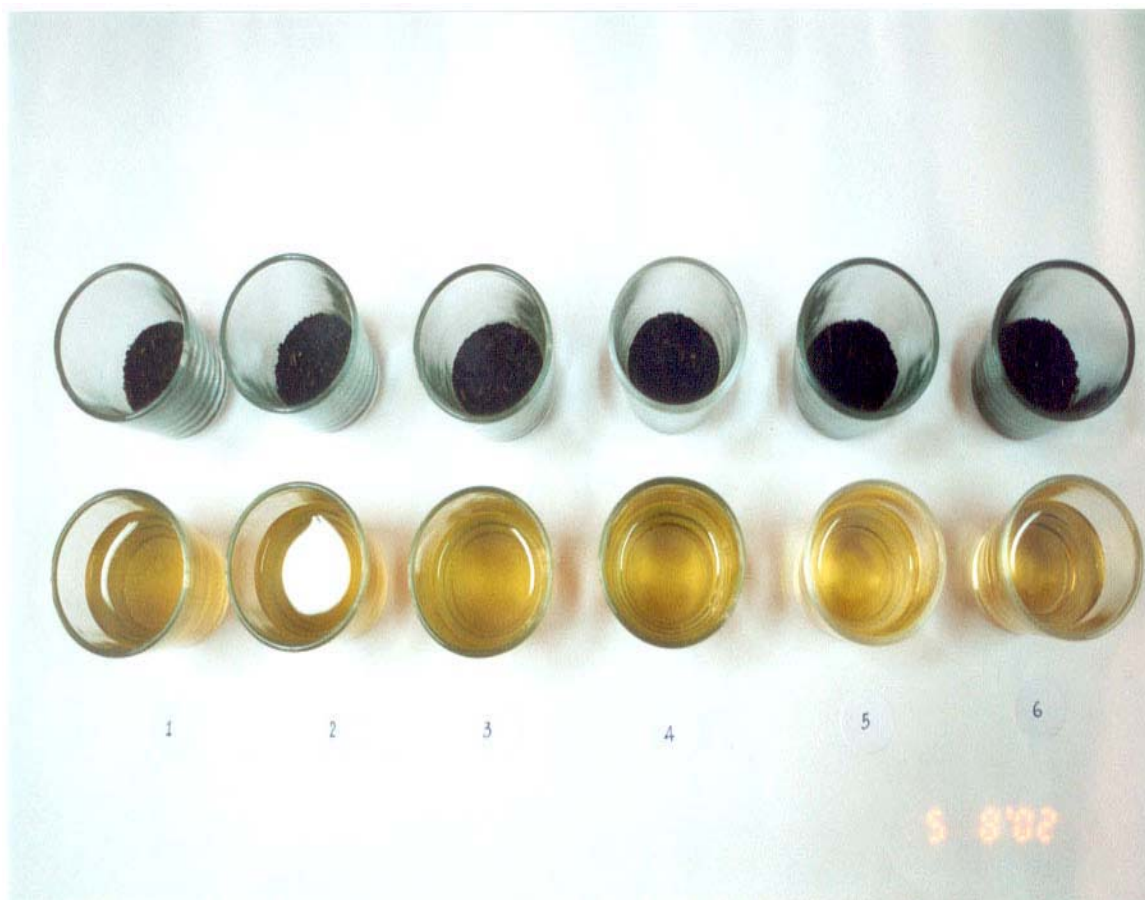
หมายเหตุ ตัวอักษรที่กำกับข้างตัวเลขเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวดิ่ง คือ ถ้าเป็นตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 3 ค่าสี ค่า L^* หมายถึงความสว่าง ค่ามากหมายถึงสว่างมาก ค่าน้อยหมายถึงสว่างน้อย ซึ่งจากการวัดพบว่า โดยส่วนใหญ่ผงชาของกระบวนการผลิตเดิมสว่างน้อยกว่ากระบวนการผลิตใหม่อย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นตัวอย่าง 25 : 80 ที่มีความสว่างใกล้เคียงตัวอย่างในกระบวนการผลิตเดิม ซึ่งค่อนข้างสอดคล้องกับสีของน้ำชา

ค่า a^* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีแดง -สีเขียว ค่ามาก แสดงว่าเป็นสีแดงมาก โดยส่วนใหญ่ผงชาและน้ำชาของกระบวนการผลิตเดิมแตกต่างจากกระบวนการผลิตใหม่อย่างมีนัยสำคัญ คือผงชาของกระบวนการผลิตใหม่จะค่อนข้างไปทางสีเขียวมากกว่า และน้ำชาของกระบวนการผลิตใหม่จะค่อนข้างไปทางสีแดงมากกว่า

ค่า b^* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีเหลือง-สีน้ำเงิน ค่ามาก แสดงว่าเป็นสีเหลืองมาก โดยส่วนใหญ่ผงชาของกระบวนการผลิตเดิมแตกต่างจากกระบวนการผลิตใหม่อย่างมีนัยสำคัญคือผงชาของกระบวนการผลิตใหม่จะค่อนข้างไปทางสีเหลืองมากกว่า แต่น้ำชาของกระบวนการผลิตเดิมและกระบวนการผลิตใหม่ไม่ชัดเจนนัก และอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน

โดยรวมสีผงชาของกระบวนการผลิตเดิมจะเข้มมากกว่า แต่น้ำชาจะคล้ายกัน ดังภาพที่ 29



ภาพที่ 29 ขาผงใบหม่อน และน้ำชาใบหม่อน เรียงจากซ้ายไปขวา หรือตามลำดับหมายเลข คือ

1. นวด 20 นาที อบ 70°C
2. นวด 20 นาที อบ 80°C
3. นวด 25 นาที อบ 70°C
4. นวด 25 นาที อบ 80°C
5. ชาเขียว (กรรมวิธีเดิม)
6. ชาฝรั่ง (กรรมวิธีเดิม)

จากตารางที่ 4 ค่า pH ของน้ำชาใบหม่อนของกระบวนการเดิมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่แตกต่างจากกระบวนการผลิตใหม่อย่างมีนัยสำคัญ คือกระบวนการผลิตใหม่มีความเป็นกรดมากกว่า

ค่า a_w หรือ water activity เป็นค่าที่แสดงอัตราส่วนของน้ำที่เป็นอิสระต่อน้ำที่มีอยู่ทั้งหมด ซึ่งพบว่าตัวอย่างทั้งหมด มีค่าต่ำมาก นั่นคือเป็นอาหารแห้งที่สามารถเก็บได้นาน (a_w น้อยกว่า 0.6) และใน

ทั้ง 2 กระบวนการได้ค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งค่อนข้างสอดคล้องกับค่าความชื้น อย่างไรก็ตามความชื้นที่ผู้ผลิตชาใบหม่อนต้องทำ ไม่ควรเกิน 7% ซึ่งเกษตรกรก็ทำได้ค่อนข้างดี แต่ก็อาจจะพลาดได้ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ การเก็บผลิตภัณฑ์สุดท้ายอาศัยความชำนาญของผู้ทำชาใบหม่อน ดังนั้นผลที่ได้จึงไม่ผิดนัก ซึ่งจุดนี้ผู้ประกอบการควรมีเครื่องมือตรวจสอบความชื้น

ตารางที่ 4. ค่า ความเป็นกรด-ด่าง (pH) a_w ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS) และความชื้น (ค่าเฉลี่ย จาก 2 ซ้ำ)

ตัวอย่าง	PH	a_w	TSS($^{\circ}$ B)	ความชื้น(%)
20:70	6.15 ^b	0.51 ^a	0.3 ^c	8.44 ^a
20:80	6.20 ^b	0.52 ^a	0.3 ^c	7.76 ^b
20:80	6.16 ^b	0.50 ^a	0.3 ^c	8.25 ^{ab}
25:80	6.16 ^b	0.42 ^b	0.3 ^c	6.37 ^c
ชาเขียว	6.33 ^a	0.51 ^a	0.35 ^b	6.88 ^c
ชาฝรั่ง	6.35 ^a	0.40 ^b	0.40 ^a	6.94 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรที่กำกับข้างตัวเลขเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวดิ่ง คือ ถ้าเป็นตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่า TSS แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ อาทิ น้ำตาล กลีโค กรด เป็นต้น ซึ่งของกระบวนการเดิมมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือชาใบหม่อนของกระบวนการเดิมสามารถละลายน้ำได้มากกว่า ค่านี้สอดคล้องกับค่าสี คือชาของกระบวนการเดิมสีจะเข้มมากกว่าทั้งผงชาและน้ำชา

ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำชาใบหม่อน (คะแนนเฉลี่ย)

ตัวอย่าง	สี	กลิ่น	กลิ่นรส	ความชอบรวม	ความชอบรวม*
20:70	5.30 ^c	4.37 ^b	5.07 ^b	4.81 ^c	4.00 ^c
20:80	5.85 ^{bc}	4.56 ^b	4.78 ^b	5.19 ^c	4.33 ^c
25:70	5.63 ^{bc}	4.26 ^b	5.00 ^b	5.19 ^c	5.00 ^{bc}
25:80	5.70 ^{bc}	4.44 ^b	5.11 ^b	5.07 ^c	5.33 ^{bc}
ชาเขียว	6.89 ^a	7.48 ^a	7.15 ^a	7.39 ^a	7.00 ^{ab}
ชาฝรั่ง	6.37 ^{ab}	7.15 ^a	6.70 ^a	6.76 ^b	7.33 ^a

หมายเหตุ - ตัวอักษรที่กำกับข้างตัวเลขเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวดิ่ง คือ ถ้าเป็นตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- * เป็นคะแนนของกลุ่มสมุนไพรรพบุรี

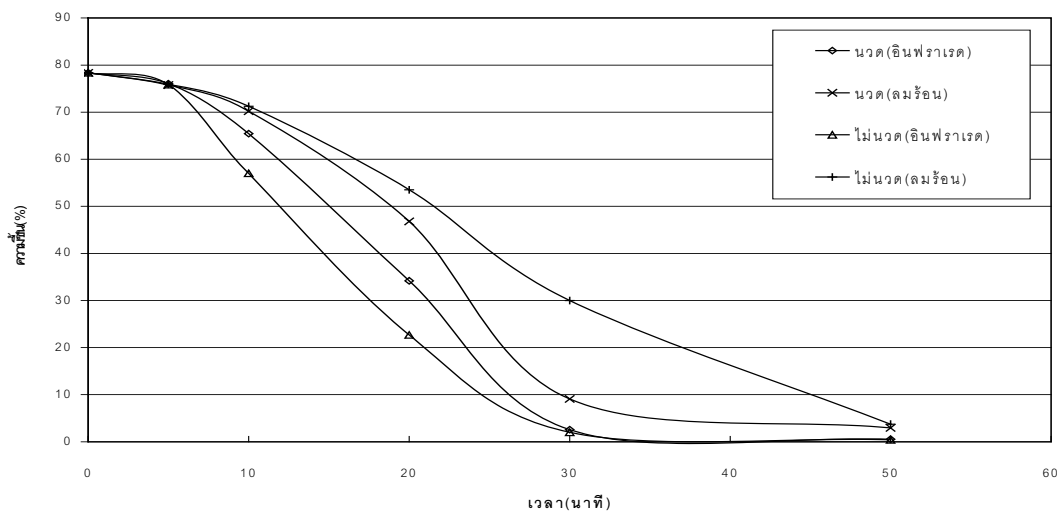
จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิม 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นผู้ชิมจากสถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและนิติตีฟักงาน 27 คน อายุระหว่าง 20-42 ปี เป็นชาย 4 คน หญิง 23 คน จัดให้ชิมในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ให้ผู้ชิมแต่ละคนเป็นบล็อก ชิมโดยให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic Rating Scale 1-9 ค่ามากหมายถึงชอบมาก ส่วนกลุ่มที่ 2 เป็นผู้ชิมจากกลุ่มสมุนไพรเพชรบุรี 3 คน ให้ชิมโดยถามความชอบ คะแนนเต็ม 10 คะแนน ซึ่งกลุ่มนี้จะคุ้นเคยกับชาใบหม่อนมากกว่ากลุ่มแรก จากผลการชิม ในกลุ่มแรกพบว่า ค่าสี กลิ่น กลิ่นรส ของน้ำชาในกระบวนการผลิตใหม่แตกต่างจากกระบวนการผลิตเดิมอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะกลิ่น และกลิ่นรส ส่งผลให้คะแนนความชอบรวมของกระบวนการผลิตใหม่แตกต่างจากกระบวนการผลิตเดิมอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับคะแนนของกลุ่มสมุนไพรเพชรบุรี

จากผลการทดลอง ใบชาของกระบวนการผลิตใหม่คุณภาพด้อยกว่าของกระบวนการผลิตเดิม ทั้งนี้เพราะว่าการนวดด้วยเครื่องจักรได้ใบหม่อนที่ช้ำน้อยกว่ากระบวนการเดิม ซึ่งใช้มือคนในการบดช้ำใบชา ทำให้สารประกอบต่างๆที่อยู่ภายในเซลล์ และ vacuole ออกมาน้อย จึงทำปฏิกิริยากันน้อย และความสามารถในการละลายปนกับน้ำร้อนได้ยากกว่ากระบวนการผลิตเดิม อย่างไรก็ตามจะพอสังเกตได้ว่าในสิ่งทดลองที่มีความชื้นเริ่มต้นสูง ใช้เวลานานกว่า และอบที่อุณหภูมิสูงกว่า (20:80) มีแนวโน้มจะได้ชาที่ค่อนข้างดี เพราะการนวดใบชาที่มีความชื้นมาก (แต่ต้องไม่มากเกินไป มิฉะนั้นจะเสียเวลาในการทำให้แห้ง) และนานจะทำให้ใบชาช้ำได้มากขึ้น สารให้กลิ่นรสสามารถละลายปนออกมากับน้ำได้มากขึ้น และการใช้อุณหภูมิสูงประมาณ 80°C ซึ่งไม่สูงเกินไปนัก ทำให้อัตราการอบแห้งสูงคือใช้เวลาสั้นลง

4.4. เปรียบเทียบต้นทุนการผลิต

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเชื้อเพลิงในการอบแห้งชาใบหม่อน

หัวข้อการวิเคราะห์	ตู้อบลมร้อน	ตู้อบอินฟราเรด
- ระยะเวลาการผลิต (ชม.)	1.75	0.50
- ผลผลิตที่ได้ (กิโลกรัม)	1	1
- ค่าเชื้อเพลิงต่อ หน่วย (บาท/ยูนิท)	3	3
- ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ตลอดระยะเวลาการผลิต (บาท)	10.50	9
แรงงาน (คน)	1	1
- ค่าแรงงาน (บาท/คน/วัน)	150	150
ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์	160.50 บาท	159.00 บาท
ผลิตภัณฑ์ต่อวัน (ก.ก.)	4.57	16



ภาพที่ 30. กราฟการอบแห้งชาใบหม่อนด้วยตู้อบรังสีอินฟราเรด และตู้อบลมร้อน

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการทดลองเบื้องต้น เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต และเวลาในการลดความชื้นของตู้อบ ซึ่งได้เสนอไว้ในข้อเสนอโครงการแล้ว ดังตารางที่ 6 และภาพที่ 36 ในครั้งนั้น ได้ทดลองกับตู้อบอินฟราเรด และตู้อบลมร้อน ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยได้ทดลองนวดด้วยไม้ค้ำลงบนมือก่อนนำไปอบลมร้อน สรุปว่าตู้อบรังสีอินฟราเรดสามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าทั้งในแบบที่มีการนวด และไม่มีกรนวด ในด้านต้นทุนการผลิตพบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตมากกว่าการใช้ตู้อบลมร้อน 1.50 บาทต่อกิโลกรัม แต่ในกรณีที่ผลิตปริมาณมาก เช่น ผลิตทั้งวัน ค่าใช้จ่ายจะลดลงมากขึ้น คือถ้าเกษตรกรขาย 1000 บาท/ก.ก. ปริมาณ 16 ก.ก. ได้เงิน 16,000 บาท ต้นทุน 2,544 บาท ได้กำไร 13,456 บาท และตู้อบลมร้อน ได้เงิน 4,570 บาท ต้นทุน 733.49 บาท ได้กำไร 3,836 บาท นั่นคือได้กำไรมากกว่าตู้อบลมร้อน 9619.49 บาท

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเชื้อเพลิงในการอบแห้งชาใบหม่อน (ใหม่)

หัวข้อการวิเคราะห์	กระบวนการเดิม (แก๊ส)	กระบวนการที่ปรับปรุงใหม่ (ไฟฟ้า)
- ระยะเวลาการผลิต (ชม./วัน)	8	8
- ผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อวัน (ก.ก.)	1.92	13.65
- ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ ต่อ/ก.ก. ผลิตภัณฑ์	1.30 ก.ก	3.52 ยูนิท
- ค่าเชื้อเพลิงต่อ หน่วย	12 บาท/ ก.ก.แก๊ส	3 บาท/ ยูนิท
- ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ตลอดกระบวนการ (บาท)	29.95	144.14
แรงงาน (คน)	2	2
- ค่าแรงงานตลอดกระบวนการ (บาท/วัน)	300	300
ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์	171.85 บาท	32.54 บาท

หลังจากทำการวิจัยแล้ว ผลการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต ดังตารางที่ 7 พบว่าค่าใช้จ่ายต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์ของกระบวนการผลิตใหม่ สามารถลดต้นทุนจาก 171.85 บาท/ ก.ก. เหลือเพียง 32.54 บาท/ก.ก. หรือสามารถลดลงได้ 139.31 บาท/ ก.ก. และจะใช้ระยะเวลาในการคุ้มทุน 1 เดือน เมื่อเทียบกับการลงทุนสร้างเครื่องจักร ประมาณ 310,000 บาท และรายได้เกษตรกร ประมาณ 240,000 บาทต่อเดือน

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

เครื่องจักรในการนวดและอบชาใบหม่อนที่สร้างขึ้นมามีทั้งข้อดี และข้อด้อยบางประการ โดยพบว่าเครื่องดังกล่าวสามารถเพิ่มอัตราการผลิตจากเดิมได้มาก เมื่อเทียบกับการผลิตแบบเดิม โดยเฉพาะในส่วนตูบ ซึ่งถ้าใบหม่อนก่อนเข้าอบช้ำมากแล้ว เวลาในการอบ จะเร็วกว่านี้มาก และสามารถใช้ตูบนี้อบแห้งวัตถุดิบอื่นๆ ได้ด้วย สำหรับข้อด้อยก็คือในขั้นตอนของการนวด เครื่องนวดมีกำลังบดขยี้ น้อย ทำให้ใบชาช้ำไม่มากนัก ส่งผลให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ด้อยกว่ากระบวนการผลิตเดิม และไม่สามารถม้วนเป็นเกลียวได้เหมือนการนวดด้วยมือ อย่างไรก็ตาม สามารถผลิตชาผงบรรจุซองได้ ซึ่งให้ข้อดีคือลดการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ได้มาก ชาชนิดนี้มีความต้องการสูง ขณะนี้ผู้สั่งให้ผลิตชาผงอยู่หลายรายทั้งในประเทศ และต่างประเทศ อาทิ

1. .N.Harimterpathip AAF Import 3626 Riven Heights Crossing Marietta G.A.300 67 USA สั่ง 50 ลัง ประมาณ 190 ก.ก.
2. คุณดุสิต ริมชัยสิทธิ์ 45/1 ม. 2 ต. หมากร้าง อ. เมือง จ. อุตรธานี 41000 ต้องการซื้อเพื่อส่งไปขายที่ Losangelis ประเทศสหรัฐอเมริกา

ในด้านการใช้งานของเครื่องจักรผู้ออกแบบได้ให้คำแนะนำต่อชาวบ้านโดยละเอียด และจัดทำคู่มือการใช้งาน และการดูแลรักษา ตลอดจนการแก้ปัญหาเบื้องต้นไว้แล้ว ซึ่งทางกลุ่มสมุนไพรก็สามารถปฏิบัติได้ดี

ส่วนข้อเสนอแนะในการปรับปรุงของเครื่องจักรก็มีอยู่บ้าง ได้แก่ส่วนของชุดนวดที่ต้องเพิ่มแรงในการบดขยี้ใบหม่อน และอาจต้องปรับปรุงให้ถอดออกได้ เพื่อความสะดวกในการทำความสะดวก

6. บรรณานุกรม

1. กรมวิชาการเกษตร. 2543. ประกาศเรื่องการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตชาใบหม่อน. 9 น.
2. ชัยวิทย์ ศิลาวัณนาไ নয়. 2537. ฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ. ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. บริษัท O. S. Printing House, กรุงเทพฯ. 471 น.
3. บริษัทมัลเบอร์รี่ กรีน จำกัด เอกสารเรื่องชาเขียวใบหม่อน. 2 น.
4. ประทีป มีศิลป์ ไพโลน เหล็กคง บุญมา งาม จันทา งาม และ ณรงค์ ชบา. 2528. การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของใบหม่อนพันธุ์ต่างๆ. ผลการค้นคว้าวิจัยประจำปี 2528 ศูนย์วิจัยหม่อนไหมศรีสะเกษ. หน้า 23-29.
5. พะยอม ต้นด้วง. 2521. สมุนไพร. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 145 น.
6. รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2535. วิศวกรรมแปรรูปอาหาร : การถนอมอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรสถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 284 น..
7. วิชาการเกษตร, กรม. 2523. เอกสารวิชาการ หม่อน -ไหม เล่ม 2. บริษัท วรวิสาหกิจพิมพ์, กรุงเทพฯ, 181 น.
8. วิชาการเกษตร, กรม. 2541. เอกสารแนะนำ การทำชาหม่อน. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ, 36 น.
9. วิโรจน์ แก้วเรือง. 2543. ชาหม่อน สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 40 น.
10. สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร. 2536. พันธุ์หม่อนไหมและสิ่งประดิษฐ์. 12 น.
11. สันต์ ละอองศรี 2535. ชา โครงการหลวงวิจัยฯ สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ สำนักพิมพ์ร่วมเขียว กรุงเทพฯ 166 น.
12. Fenton, G.A. and M.J. Kennedy. 1998. Rapid dry weight determination of kiwifruit pomace and apple pomace using an infrared drying technique. New-Zealand journal of Crop and Horticultural Science. 26 : 1 p. 35-38.
13. <http://www.isei.or.th>
14. <http://www.pharmaceutical-equipment.com>.
15. <https://www.cell.kat.lth.se/staff/Magnus-p/research.htm>
16. <http://www.apogee.net>.
17. <http://www.infrared.com>
18. <http://www.apogee.net>
19. <http://www.copemic.com>

20. <http://www.brukeroptic.com>
21. <http://www.panspermia.org/infrared.htm>
22. <http://www.arrowheadhealthworks.com/hypertx.htm>
23. <http://www.uts.utexas.edu/whitelab/facilities-labs/RAIRS/>
24. <http://www.stripe.colorado.edu/warshews/instrumentation.htm>
25. <http://www.ncst.nrl.navy.mil/facfiles/facs40-42.html>
26. <http://www.esc.cam.ac.uk/new/v10/research/facilities/irs/details-irs.html>
27. <http://www.electro-optic.com/bb-rad/bb-rad.html>
28. <http://www.irufa.com>
29. <http://www.op.dlr.de/ne-oe/ir/bib.html>
30. Mashkov, P; D. Popov and V. Mateev. 1998. Drying and testing of a drier for drying. With infrared rays. 1998. Agricultural Engineering. 35 (1) p. 23-26.
31. Paakkonen, K.; J. Havento; B. Galambosi and M. Pyykkonen. 1999. Infrared drying of herbs. Agricultural and Food Sci. in Finland. 8 : 1 p. 19-27.
32. Volonchuck, S.K. and L.P. Shornikova. 1998. Pishchevaya-Promyshlennost. p. 16-17.
33. Vonzenti, R. 1972, Practical Application of Infrared techniques, A wiley. Intorscience Publication, USA,
34. Williams, P and K. Norris. (eds.) 1987. Near Infrared technology in Agricultural and Food Industries, Published by American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul. Minnesota, USA., 330 p.
35. Willson, K.C. and M.N. Clifford (eds.). 1992. Tea Cultivation to Consumption. Chapman&Hall, London. 769 p.
36. Yen, G.C.; S.C. Wu and P.D. Duh. 1996. Extraction and identification of antioxidant components from the leaves of mulberry (*Morus alba* L.)

7. ภาคผนวก

คู่มือการใช้งานเครื่องนวดและอบชาใบหม่อน

1. ขั้นตอนการเตรียมเครื่อง

การเตรียมเครื่อง โดยการทำความสะอาดในส่วนของถังบรรจุวัตถุดิบและชุดนวด ในขณะที่ปิดสวิตช์ไฟฟ้าก่อน แล้วจึงล้างทำความสะอาดแล้วเช็ดด้วยผ้าสะอาดจนแห้ง และทำความสะอาดภายในของตู้อบโดยการล้างเช่นเดียวกัน (ห้ามล้างหลอดอินฟราเรด ให้เช็ดด้วยผ้าหมาดๆ)



ทำการปรับตั้งอุณหภูมิ ในส่วนของการนวด ที่ปุ่มควบคุมอุณหภูมิ ชุดนวดบนแผงควบคุม ปรับอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส
ทำการปรับตั้งอุณหภูมิ ในส่วนของตู้อบ โดยการปรับตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิของตู้อบ ปรับอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส



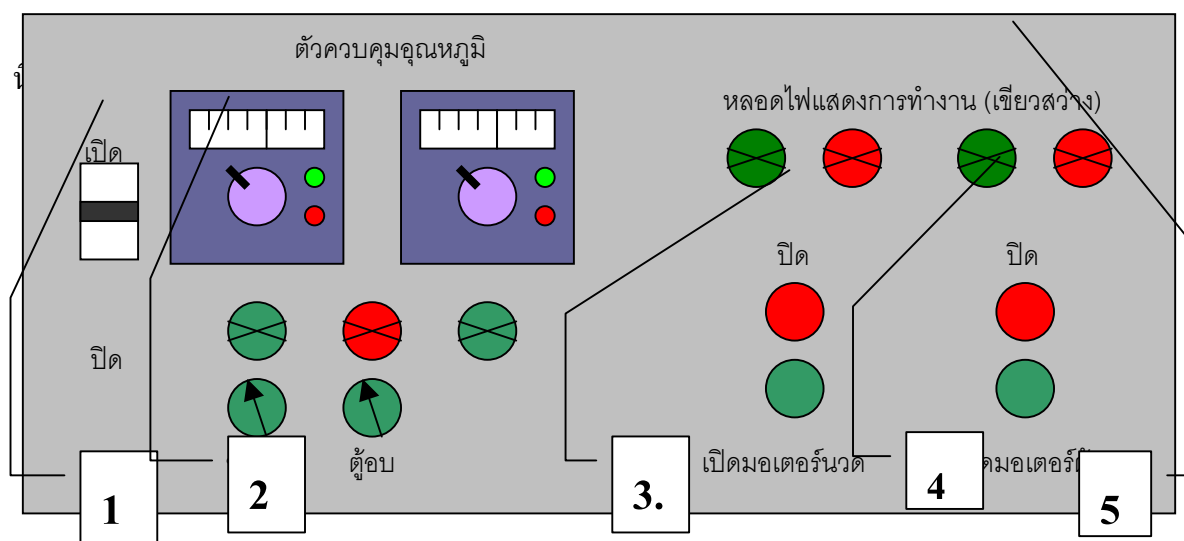
เปิดสวิตช์เมนไฟฟ้า และ อ่านค่าแรงดันที่หน้าตู้เมนโดยการเลือกเฟสทุกเฟส ควรอ่านได้ประมาณ 380 โวลต์ หลอดไฟของทุกเฟสควรติดสว่าง



ทดสอบการหมุนของชุดนวด และ ปรับระยะลูกกลิ้งให้ชิดกัน
ทดสอบพัดลมของตู้อบ โดยเมื่อทำการเปิด จะได้ยินเสียงลมชัดเจน

2. ขั้นตอนการเดินเครื่อง

- 2.1. เตรียมไบหม่อนสดโดยกรีดก้านใหญ่ออกและหั่น ครั้งละ 5 กิโลกรัม
- 2.2. ตรวจสอบว่าอุณหภูมิทั้งสองชุดที่ตั้งไว้ตรงตามที่ต้องการหรือไม่โดยสังเกตจากตัวเลขบนตัวควบคุมอุณหภูมิ และดวงไฟสีแดงสว่างแสดงว่าได้อุณหภูมิตามต้องการ (ปกติใช้เวลาประมาณ 15 นาทีในการเตรียมเครื่อง)
- 2.3. เมื่อได้อุณหภูมิตามต้องการแล้วให้เปิดฝาด้านบนออก ปิดช่องด้านล่าง
- 2.4. นำไบหม่อนที่เตรียมไว้เทลงในถังนวด ผู้ปฏิบัติงานควรดูให้ไบหม่อนตกลงสู่ด้านล่างของถังนวดให้หมด เพราะอาจมีบางส่วนค้างอยู่บนโคมอินฟราเรด
- 2.5. ปิดฝาถังลงเกือบสุดโดยใช้ขาค้ำยันฝาปิดให้เปิดไว้เพียงเล็กน้อย
- 2.6. นำถาดเปล่าสอดเข้าด้านล่างของชุดนวดเพื่อรองรับผลิตภัณฑ์
- 2.7. ใช้เวลาในการอบให้ความร้อนเบื้องต้น 25 นาที จึงเปิดใบชาลงสู่ชุดนวดโดยการดึงแผ่นปิดด้านล่างให้เปิดออก
- 2.8. สังเกตจากช่องกระจกตรงส่วนล่างของถังว่าไบหม่อนลงหมดหรือไม่
- 2.9. นำไบหม่อนที่ผ่านการนวดแล้วเข้าสู่ตู้อบ โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 75–80 °C เปิดช่องระบายความชื้นโดยโยกคันโยกไปทางซ้าย
- 2.10. อบไบหม่อนในตู้อบประมาณ 30 นาทีจึงเปิดตู้เพื่อกลับไบหม่อน และอบต่ออีก 30 นาที จะทำให้การแห้งสม่ำเสมอ และได้กลิ่นหอม มากขึ้น (ปุ่มควบคุมและคันโยกแสดงไว้ในแบบดั่งแนบ)



ภาพที่ 1 แสดงแผงควบคุมด้านหน้าเครื่อง

คำอธิบายภาพที่ 1

1. สวิตช์หลักของเครื่อง ใช้สำหรับเปิดปิดไฟที่จ่ายให้กับวงจรไฟฟ้า
2. คือตัวควบคุมอุณหภูมิการใช้งานทำได้ง่ายเพียงหมุนสวิตช์ลูกศรไป ทางขวามือและหมุนปุ่มปรับอุณหภูมิตามความต้องการ
3. ปุ่มสีเขียวเปิดมอเตอร์ชุดขนาด ปุ่มสีแดงปิดมอเตอร์
4. ปุ่มสีเขียวเปิดมอเตอร์พัฒนาของคู่มือ ปุ่มสีแดงปิดมอเตอร์
5. หลอดไฟแสดงการทำงานของมอเตอร์ สีเขียวสว่างขณะมอเตอร์ทำงานปกติ สีแดงติดแสดงว่าเกิดสิ่งผิดปกติและหยุดการทำงาน

3. อาการขัดข้อง และ การแก้ไขเบื้องต้น

อาการขัดข้อง	การแก้ไข
1. ไม่มีไฟเข้าเครื่อง (ไฟสีแดงหน้าเครื่องดับ)	ตรวจสอบแผงจ่ายไฟหลัก ว่าไฟมาครบ 3 สามหรือไม่ ดูจากหลอดไฟ และโวลต์มิเตอร์ หากมาไม่ครบสาย ตัวป้องกันจะตัดการทำงานของเครื่องทันที ให้ปิดเครื่องรอจนไฟมา
2. ไฟหน้าเครื่องติด แต่ไฟตัวควบคุมอุณหภูมิไม่ติด	ตรวจฟิวส์ในตู้จ่ายไฟ มีสำรองให้ขนาด 2 A
3. กดสวิทช์แล้วมอเตอร์ชุนวดไม่หมุน (ไฟแดงจะติด)	คลายตัวตั้งสปริงกดชุนวด หมุนพูลเลย์ช่วยสังเกตว่าสามารถขยับตัวได้หรือไม่ ทดลองกดปุ่มสตาร์ทอีกครั้ง หากยังไม่ติด ตรวจปุ่มโอเวอร์โหลด ที่เมกเนติกคอนเทคเตอร์
4. กดปุ่มสวิทช์แล้วมอเตอร์พัดลมคู่อับไม่หมุน (ไฟแดงจะติด)	เปิดตะแกรงครอบใบพัดออก ทดลองหมุน สังเกตใบพัดติดหรือไม่ ถ้าติดหรือฝืด ต้องถอดมอเตอร์ออกมาซ่อม
5. ไฟเข้าปกติแต่ตู้อบไม่ร้อน	ถอดแท่งฮีทเตอร์ออกมา วัดด้วยโอมห์มิเตอร์ เปลี่ยนแท่งฮีทเตอร์

4. การล้างและบำรุงรักษา

เมื่อใช้งานเสร็จแล้ว ปล่อยให้แท่งอินฟราเรดเย็นตัวลง หลังจากนั้น ก็ล้างเครื่อง โดยการหาภาชนะมาปิดส่วนมอเตอร์ แล้วฉีดน้ำล้างในส่วนของถังบรรจุวัตถุดิบ และลูกกลิ้ง ใช้ผ้าชุบน้ำบิดให้หมาดๆ เช็ดตู้อบ และแท่งอินฟราเรดขณะเย็นตัวลงแล้ว ส่วนชุดเฟืองโซ่ของชุนวดให้ใช้น้ำมันพืชหรือจารบีที่ใช้ในงานอาหาร ทำ นานๆ ครั้ง

หมายเหตุ

เครื่องมีปัญหา ติดต่อ นายศิริพงษ์ เทشنا (วิศวกรโครงการ)

ฝ่ายวิศวกรรม สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 .ถ. พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ

โทร 02-9428629-35 ต่อ 114-115 มือถือ (09-4949349)