



การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการแปรรูปชาเขียวพันธุ์อัสสัม แบบดั้งเดิมระดับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม An Economic Analysis of Conventional var.Assamica Green Tea Processing in Small and Medium Enterprises (SME)

สุนทร สืบคำ^{1,*}, เจนจิรา ภูการณ¹, นิภา นิพวงลา¹, โชติพงศ์ กาญจนประโชติ¹ และ สุมิตร เชื้อมชัยตระกูล²
Sunate Surbkar^{1,*}, Janjira Phukan¹, Nipa Nipuangla¹, Choatpong Kanjanaphachot¹
and Sumit Chueamchaitrakun²

¹วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

¹Agricultural Engineering, Faculty of Engineering and Agro-Industry,
Maejo University, Chiang Mai, Thailand, 50290

²วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 50290

²Food Science and Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry,
Maejo University, Chiang Mai, Thailand, 50290

*Corresponding author: Tel: +66-5387-5019, Fax: +66-5387-5011, E-mail: sunate@mju.ac.th

บทคัดย่อ

กระแสการประกอบอาชีพอิสระกำลังเป็นที่น่าสนใจและน่าลงทุน การแปรรูปชาก็เป็นหนึ่งในตัวเลือกที่ดีในการประกอบธุรกิจส่วนตัว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปชาเขียวพันธุ์อัสสัม (*Camellia sinensis* var. Assamica) ในจังหวัดเชียงราย โดยเก็บข้อมูลในเดือนธันวาคม 2561 การแปรรูปชาเขียวใบอ่อน 1 ชั่ว และชาเขียวใบแก่ 3 ชั่ว และนำเสนอผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจดำเนินธุรกิจ เราพบว่ากระบวนการแปรรูปชาเขียวใบอ่อน หากใช้ใบชาเขียวสด 10.8 kg (76.70 ± 0.59 %w.b.) จะได้ชาเขียวแห้ง 2.36 kg (6.66 ± 0.26 %w.b.) คิดเป็นอัตราส่วน 5:1 ส่วนการแปรรูปชาเขียวใบแก่ หากใช้ใบชาแก่สด 12.67 kg (70.20 ± 0.19 %w.b.) จะได้ชาแก่แห้ง 4.25 kg (2.24 ± 0.13 %w.b.) คิดเป็นอัตราส่วน 3:1 ชาที่ผลิตจาก SME นี้มีสมบัติทางกายภาพดี โดยชาเขียวใบอ่อนมีสารโพลีฟีนอลมากกว่าชาแก่ ซึ่งแสดงว่าชาเขียวใบอ่อนมีคุณภาพดีกว่าใบแก่ แต่อย่างไรก็ตามความพึงพอใจในการดื่มชา ขึ้นอยู่กับความชอบ ความคุ้นชิน และอื่น ๆ การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ทำให้ทราบว่าต้นทุนแปรรูปชาเขียวใบอ่อนจะต้องมีเงินลงทุนครั้งแรก 935,000 บาท และประมาณ 985,000 ล้านบาท สำหรับชาเขียวใบแก่ ปริมาณการผลิตทั้งปีของชาเขียวใบอ่อนต่อชาเขียวใบแก่มีค่า 1 ต่อ 22 เนื่องจากชาเขียวใบอ่อนนั้นไม่สามารถผลิตได้ทุกวันเหมือนชาใบแก่ จากผลการวิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่า ผู้ประกอบการใหม่ที่มีต้นทุนจำกัดควรลงทุนแปรรูปชาเขียวใบแก่เพราะสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี ทำให้มีระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่า หากภายหลังมีเงินทุนเพิ่มอาจขยายการแปรรูปชาเขียวใบอ่อนเพิ่มเติม

คำสำคัญ: จุดคุ้มทุน ระยะเวลาคืนทุน การแปรรูปชา

ABSTRACT

The current issue of self-employed is becoming more interesting and attractive. A tea processing is one of the best options for freelance. Therefore, this research aims to study the processing of green tea; assam variety (*Camellia sinensis* var. Assamica) in Chiang rai, data were collected in Dec 2018 with young green tea production for 1 rep, and mature green tea for 3 rep. Data analysis also emphasized on the engineering economics analysis as a guideline for business decisions. We found that fresh young tea leaves of 10.8 kg ($76.70 \pm 0.59\%w.b.$) produced dried young tea of 2.36 kg ($6.66 \pm 0.26\%w.b.$) with the recovery ratio of 5:1. On the other hand, fresh mature tea leaves of 12.67 kg ($70.20 \pm 0.19\%w.b.$) produced dried mature tea of 4.25 kg ($2.24 \pm 0.13\%w.b.$) with the recovery ratio of 3:1. Good physical properties of these dried teas produced by this SME can be preserved. The phenolic compounds within those tea drinks showed that the amount of polyphenols in young tea drink was higher than that of in mature tea drink, indicated that young tea drink should be better in term of healthy than that of mature tea drink. However, the preference of tea drink is individual depending on the linking, preferness and so on. The economic analysis showed that the initial capital for young green tea processing was about 935,000 baht and for mature green tea was about 985,000 baht. Due to the young green tea cannot be produced every day like mature one, the annual production volume of young green tea over the mature one was a ratio of 1 to 22. From the findings, it can be concluded that new entrepreneurs with limited capital should invest on mature green tea as it can be produced throughout the year; resulted in a shorter payback period. If additional funds are available, the processing of young green tea can be extended.

Keyword: Break-even point, Payback period, tea processing

1. บทนำ

ชาที่ปลูกในประเทศไทยนิยมนำมาแปรรูปเป็นเครื่องดื่มและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ หลายชนิด พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของใบชามีความสำคัญเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น การนำใบชามาแปรรูปสามารถแบ่งตามกระบวนการหมักได้ 3 ประเภท ได้แก่ ชาไม่หมักหรือชาเขียว (Non-fermented tea or green tea) ชากึ่งหมักหรือชาอู่หลง (Semifermented or oolong tea) และชาหมักหรือชาดำ (Fermented tea or black tea) ซึ่งการหมักนี้ให้สี กลิ่น รสชาติที่แตกต่างกันด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก ๆ 2 ปัจจัย ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมีของใบชา และกระบวนการผลิตชา โดยองค์ประกอบทางเคมีของใบชาที่แตกต่างกันเป็นผลมาจากสายพันธุ์ชา สภาพพื้นที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน น้ำ และการดูแลรักษา ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันนี้จะส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต ทำให้ได้ชาที่มีกลิ่นและรสชาติที่แตกต่างกันไป [1] โดยสารที่มีผลต่อรสชาติของชาคือ สารโพลีฟีนอล (Polyphenols) ซึ่งพบในใบชาสดทั้งหมดประมาณร้อยละ 10-25 โดยน้ำหนักแห้ง ทำให้เกิดรสฝาด (Astringent taste) สารประกอบ

โพลีฟีนอลส่วนใหญ่เป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านการกลายพันธุ์ [2] สารประกอบโพลีฟีนอลที่พบมากในชา ได้แก่ แทนนิน พบในใบชาประมาณร้อยละ 20-30 โดยน้ำหนักเป็นสารที่ทำให้เกิดรสฝาดและรสขม (Bitter) ใบชาแก่จะมีปริมาณแทนนินมากกว่าใบชาอ่อน จึงทำให้ชาใบแก่มีรสฝาดมากกว่า สารประกอบแทนนินสำคัญที่พบในชา คือ คาเทชิน (Catechin) [3] คาเทชินจัดอยู่ในกลุ่มเป็นฟลาโวนอล มีประมาณร้อยละ 60-70 ของโพลีฟีนอลทั้งหมด จัดเป็นสารที่ไม่มีสี ให้รสขมและฝาด คาเทชินมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามินซีและวิตามินอีถึง 25-100 เท่า [4] นอกจากนี้ในชายังพบว่ามีสารคาเฟอีนซึ่งไม่มีกลิ่นมีรสขม มีคุณสมบัติในการช่วยกระตุ้นให้ระบบประสาทและร่างกายสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ พบอยู่ในใบชาประมาณร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก [5] งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปชาเขียวใบอ่อนและใบชาแก่และพลังงานที่ใช้เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้ที่จะประกอบธุรกิจ SME ตัดสินใจ รวมถึงศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของชาเขียวใบอ่อนและใบแก่แห้งที่ผลิตด้วยกระบวนการดังกล่าวได้มาตรฐานหรือไม่ และ

นำเสนอผลวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เพื่อหาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุนในการใช้เครื่องจักรในการแปรรูปชาเขียวพันธุ์อัสสัม

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ใบชาที่ใช้ในการทดสอบ

ใบชาที่ใช้ในการทดสอบเป็น ใบชาพันธุ์อัสสัม (*Camellia sinensis* var. *Assamica*) ซึ่งปลูกที่ไรชาหยดน้ำค้าง บ้านห้วยน้ำกิน หมู่ 13 ตำบลแม่เจดีย์ใหม่ อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

2.2 กระบวนการแปรรูป

กระบวนการแปรรูปชาที่ศึกษาเป็น ของไร่ชาหยดน้ำค้าง จังหวัดเชียงราย ซึ่งเป็นทั้งผู้ปลูกและผู้รับซื้อใบชาเพื่อนำมาแปรรูป

2.3 การหาพลังงานที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปชา

2.3.1 พลังงานไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า คือการป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าไปในโหลดเพื่อทำให้เกิดพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น พลังงานแสงสว่าง พลังงานความร้อน พลังงานกล เป็นต้น ดังนั้นสูตรการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าคือ [6]

$$P = EI \quad (1)$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้า (W)

E = แรงดันไฟฟ้า (V)

I = กระแสไฟฟ้า (A)

การหาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า หาได้จากการทราบค่าทางไฟฟ้า (แคลมป์มิเตอร์ยี่ห้อ Yugo รุ่น YG2017) และระยะเวลาการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อคำนวณหาพลังงานไฟฟ้า ในหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมง ดังสมการ

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW-hr)} = \text{กำลังไฟฟ้า} / 1000 \times \text{เวลาที่ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า} \quad (2)$$

2.3.2 พลังงานแก๊สเชื้อเพลิง

การหาค่าพลังงานแก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยแก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้คือ แก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquid petroleum gas, LPG) มีค่าความร้อน 50,220 kJ/kg [7] ซึ่งต้องชั่งน้ำหนัก

แก๊ส LPG ก่อนและหลังการใช้งาน แล้วนำมาคำนวณตามสมการ (3)

$$\text{พลังงานแก๊สที่ใช้} = \text{น้ำหนักของแก๊สที่ใช้ (kg)} \times \text{ค่าความร้อนของแก๊ส LPG (kJ/kg)} \quad (3)$$

2.3.3 พลังงานชีวมวล

ชีวมวลที่ใช้เป็นไม้ในวงศ์ก่อ ที่แห้งตายในสวนชาบ้านในการคำนวณพลังงานที่ใช้จะต้องชั่งน้ำหนักพินก่อนและหลังการใช้งาน แล้วนำมาคำนวณตามสมการ

$$\text{พลังงานชีวมวลที่ใช้} = \text{น้ำหนักของชีวมวลที่ใช้ (kg)} \times \text{ค่าความร้อนของชีวมวล (kJ/kg)} \quad (4)$$

ทั้งนี้พินหรือไม้มีค่าความร้อนเท่ากับ 15,990 kJ/kg [7]

2.4 ความชื้นของใบชา

ความชื้นของใบชาหาโดยวิธีมาตรฐานโดยใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (ยี่ห้อ Binder รุ่น FD 260) และเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล (ยี่ห้อ Sartorius รุ่น CP 3202 S) อุณหภูมิที่ใช้คือ 105°C นาน 24 ชั่วโมง ตามวิธีของ AOAC [8] การคำนวณความชื้นฐานเปียกแสดงดังสมการ (5)

$$m = \frac{W_t - W_d}{W_t} \times 100 \quad (5)$$

เมื่อ m = ปริมาณความชื้นฐานเปียก (% w.b.)

W_t = มวลเริ่มต้นของชา (g)

W_d = มวลแห้งของชา (g)

2.5 ความสามารถในการดูดกึ้นน้ำของผลิตภัณฑ์แห้ง

การศึกษาความสามารถในการดูดกึ้นน้ำของผลิตภัณฑ์แห้ง ดำเนินการตามวิธี Maskan [9] โดยนำตัวอย่างของชาเขียวแห้งทั้งสองชนิดมาชั่งน้ำหนักเริ่มต้น จากนั้นนำใบชาที่ชั่งน้ำหนักแล้วมาแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50°C ทุก ๆ ช่วงเวลาละ 10 นาที แล้วช้บน้ำส่วนเกินในใบชาให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนัก ทำติดต่อกันจนกว่าน้ำหนักใบชาแห้งจะคงที่คำนวณหาอัตราการดูดกึ้นน้ำของผลิตภัณฑ์แห้งจากสมการ (6)

$$R = \left(\frac{W_t - W_d}{W_d} \right) \times 100 \quad (6)$$

เมื่อ R = อัตราการดูดคืนน้ำของผลิตภัณฑ์แห้ง (%)
 W_d = น้ำหนักของผลิตภัณฑ์เริ่มต้น (g)
 W_t = น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่คืนตัว (g)

2.6 การได้คืนของผลิตภัณฑ์

การศึกษาการได้คืนของผลิตภัณฑ์ดำเนินการตามวิธี Duan et al. [10] โดยคำนวณจากน้ำหนักของผลิตภัณฑ์สดก่อนการอบแห้งและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์แห้งดังสมการ (7)

$$R_{rec} = \left(\frac{m}{m_0} \right) \times 100 \quad (7)$$

เมื่อ R_{rec} = อัตราการได้คืนของผลิตภัณฑ์ (%)
 m = น้ำหนักของผลิตภัณฑ์สดก่อนการอบแห้ง (g)
 m_0 = น้ำหนักของผลิตภัณฑ์แห้ง (g)

2.7 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดำเนินการโดยนำตัวอย่างชาเขียวใบอ่อนและใบแก่ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปแล้วจากโรงงานชาไร้ชาหยดน้ำค้างมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ด้วยวิธี ISO 14502-2:2005 โดยพิจารณาสารประกอบโพลีฟีนอลซึ่งได้แก่ Epigallocatechin (EGC), Catechin (C), Epigallocatechin gallate (EGCG), Caffeine (CF), Epicatechin (EC) และ Epicatechin gallate (ECG)

2.8 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

2.8.1 จุดคุ้มทุน (Break even point: BEP)

ในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนในการแปรรูปชาทั้งสองชนิดได้แบ่งโครงสร้างต้นทุนออกเป็น 2 ส่วน คือ ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร โดยมีรายละเอียดต้นทุนแต่ละประเภทดังนี้

1) ต้นทุนคงที่ ประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรแต่ละเครื่อง และค่าอาคารโรงเรือน

2) ต้นทุนผันแปร ประกอบด้วย ค่าใบชาสด ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา ค่าแรงงาน และค่าวัสดุและอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ จุดคุ้มทุนคำนวณจาก [11]

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่}}{(\text{ราคาขายต่อหน่วย} - \text{ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย})} \quad (8)$$

2.8.2 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PBP)

การหาอัตราผลตอบแทนการลงทุนโดยพิจารณาทางด้านระยะเวลาการคืนทุน คือ ระยะเวลาที่กิจการจะได้รับผลตอบแทนในรูปของกระแสเงินสดเข้าเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายลงทุน [11] สามารถคำนวณได้จากสมการ (9)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{จำนวนเงินลงทุนครั้งแรก}}{(\text{รายรับจากการขายต่อปี} - \text{ต้นทุนแปรผันต่อปี})} \quad (9)$$

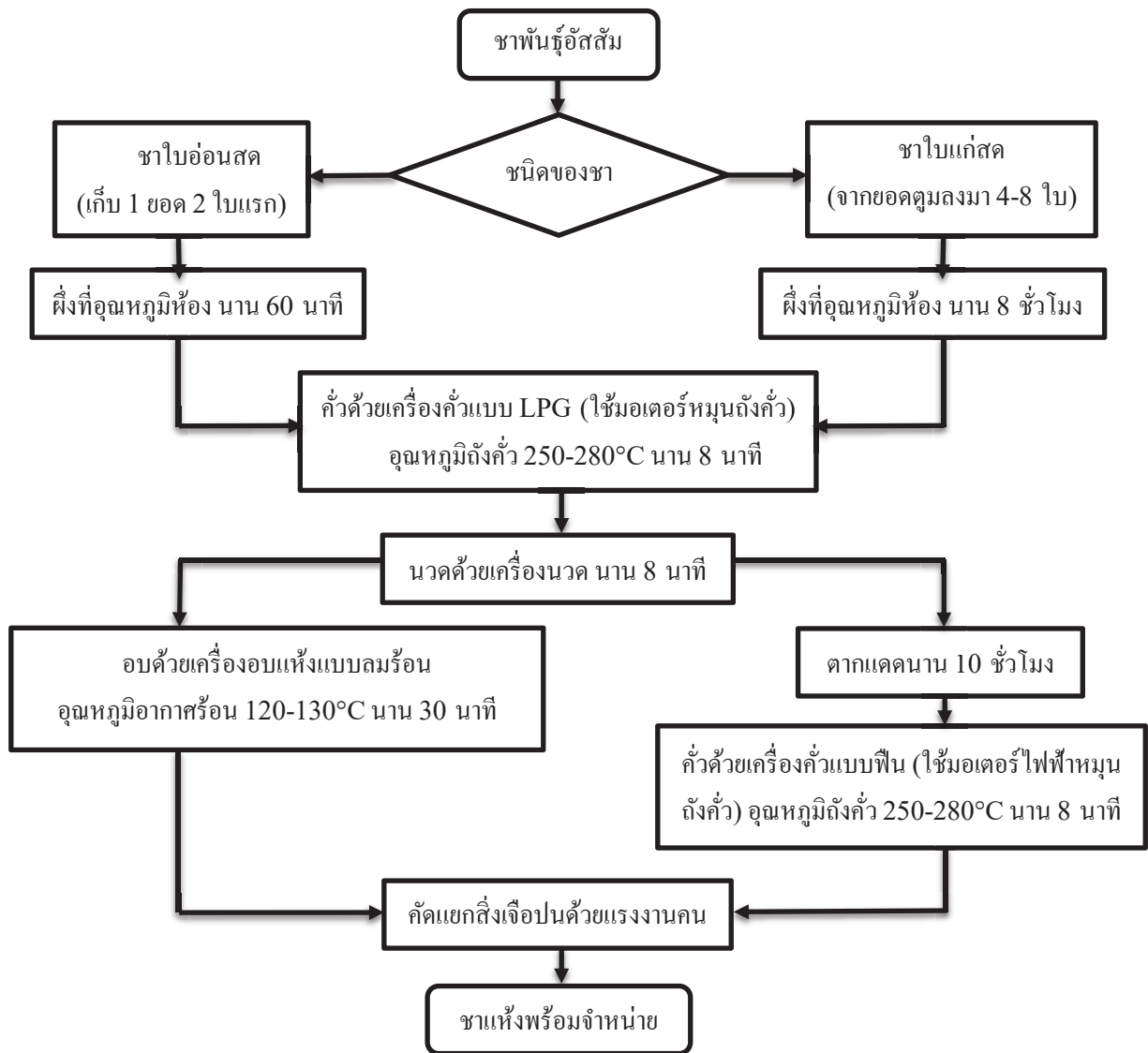
3. ผลและการวิจารณ์ผล

งานวิจัยเรื่องนี้เป็นการศึกษาการแปรรูปชาและการใช้พลังงานในการแปรรูปชา ณ ไร่ชาหยดน้ำค้าง จังหวัดเชียงราย หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างใบชาสดและชาแห้งมาวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษามีดังนี้

3.1 กระบวนการแปรรูปชา

การเก็บชาของไร่ชาหยดน้ำค้างใช้วิธีเก็บด้วยมือ โดยจะเก็บตรงตำแหน่งก้านของยอดชาที่เป็นยอดตูมและมีใบที่ต่ำกว่ายอดตูมลงมา 2 ใบ เพื่อให้ได้ยอดชาอ่อนที่มีคุณภาพดี และช่วงเวลาในการเก็บชาควรเก็บในตอนเช้า ตั้งแต่เวลา 08:00-10:00 น. จะได้ใบชาที่สดและอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ต้นชาที่เก็บแล้วจะมีการแต่งกิ่งและต้องรออีก 3 เดือน จึงจะถึงรอบการเก็บยอดชาอีกครั้ง ส่วนใบชาแก่ที่นำมาแปรรูปจะเก็บใบที่ต่ำกว่ายอดตูมลงมา 4-8 ใบ แล้วนำมาผ่านกระบวนการตามลำดับดังรูปที่ 1 ซึ่งชี้ให้เห็นว่ากระบวนการแปรรูปเหมือนกัน แตกต่างกันตรงระยะเวลาการแปรรูป และชาใบแก่จะมีการตากแดดเพื่อลดความชื้นเพิ่มขึ้นมา 1 ขั้นตอน เหตุผลของการแปรรูปแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

- 1) การผึ่งชา เพื่อช่วยให้องค์ประกอบทางเคมีในใบชาเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ใบชามีกลิ่นหอมมากยิ่งขึ้น
- 2) การคั่วชา เป็นขั้นตอนที่ให้ความร้อนกับใบชาเพื่อทำลายเอนไซม์ต่าง ๆ ในใบชา เช่น เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการหมักและเอนไซม์คลอโรฟิลเลสที่สามารถออกซิไดส์คลอโรฟิลล์ให้เป็นฟิโอฟินินที่ทำให้เกิดสีเหลืองน้ำตาลในใบชา



รูปที่ 1 แผนภูมิการแปรรูปชาเขียวระดับ SME ในจังหวัดเชียงราย

- 3) การนวดชา เป็นการขี้ใบชาเพื่อให้เซลล์แตก เมื่อเซลล์แตกจะทำให้สารประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในเซลล์ไหลออกมาออกเซลล์และเคลือบอยู่บนส่วนต่าง ๆ ของใบชา น้ำ เอนไซม์ และน้ำมันหอมระเหยจะออกมาภายนอก ทำให้สามารถลดความชื้นได้เร็วขึ้นและทำให้สารให้กลิ่นรสของชาละลายได้ง่ายเมื่อชงในน้ำร้อน
- 4) การอบแห้ง เป็นการกำจัดความชื้นในใบชาเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้สามารถเก็บรักษา

ชาได้นานขึ้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น และรสชาติที่น้อยที่สุด

3.2 สมบัติของชาหลังการแปรรูป

ชาที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการแปรรูปแล้วจะนำมาวิเคราะห์ค่าสมบัติทางกายภาพ ซึ่งค่าคุณสมบัติของชาบ่งบอกถึงคุณภาพของชา

3.2.1 ความชื้นสุดท้ายของชาหลังผ่านกระบวนการแปรรูป

ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ชาแห้งจะต้องมีค่าไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก เพื่อให้ตรงตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 120/2558 [12] ทดสอบ

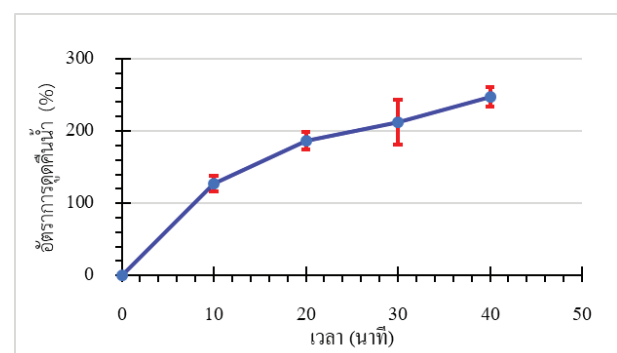
3 ชั่วโมง พบว่าความชื้นสุดท้ายของชาเขียวใบอ่อนมีค่า $6.66 \pm 0.26\% \text{w.b.}$ ส่วนของชาเขียวใบแก่มีค่า $2.24 \pm 0.13\% \text{w.b.}$ แสดงว่าชาทั้งสองชนิดมีความชื้นต่ำ (ต่ำกว่า $8\% \text{w.b.}$) ตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนด ซึ่งความชื้นต่ำ ทำให้ยากต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

3.2.2 อัตราการได้คั้นของชาแห้งและอัตราการดูดกลืนน้ำ

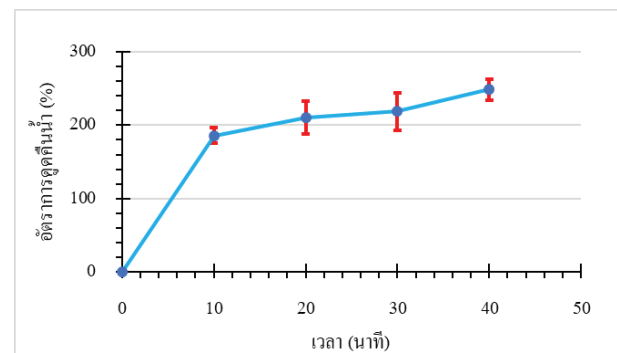
อัตราการได้คั้นของชาเขียวใบอ่อนและใบแก่มีค่าร้อยละ 21.85 และ 33.54 ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนชาสดต่อชาแห้ง 5:1 และ 3:1 ตามลำดับ ส่วนพฤติกรรม การคั้นตัวของชาเขียวใบอ่อนและใบแก่แสดงในรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าในช่วงเริ่มต้นอัตราการดูดกลืนน้ำมีค่าสูงแล้วค่อย ๆ ลดลงจนมีแนวโน้มคงที่ตามเวลา ในการแช่ที่เพิ่มขึ้น โดยแสดงข้อมูลในตารางที่ 1 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าใบชาเขียวและใบชาแก่แห้งมีอัตราการดูดกลืนน้ำร้อยละ 248.18 และ 247.68 ตามลำดับ และเมื่อสังเกตด้วยตาจะเห็นว่าใบชาที่ได้จากการดูดกลืนน้ำแล้วมีลักษณะใกล้เคียงกับใบชาสดก่อนการอบแห้ง (รูปที่ 4 และ 5) อัตราการดูดกลืนน้ำของใบชาแห้งในงานวิจัยนี้ใช้เวลามากกว่าเมื่อเทียบกับอัตราการดูดกลืนน้ำของหอมสับ [13] นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการได้คั้นของชาเขียวใบอ่อนและใบแก่มีอัตราส่วนตรงข้ามกับอัตราการดูดกลืนน้ำ เช่นเดียวกับการอบแห้งและลักษณะคุณภาพของเนื้อปาลาโนให้แห้งด้วยความร้อนจากไมโครเวฟอากาศร้อน [14] ดังนั้น กระบวนการแปรรูปชาเขียวและชาแก่ของโรงงานนี้จึงช่วยรักษาคุณภาพด้านสีของใบชาไว้ได้ และมีอัตราการดูดกลืนน้ำที่ดี

ตารางที่ 1 อัตราการได้คั้นของชาแห้งและอัตราการดูดกลืนน้ำของชาเขียวใบอ่อนและใบแก่

พารามิเตอร์	ชาใบอ่อน	ชาใบแก่
น้ำหนักชาสด (kg)	10.8	12.67
น้ำหนักชาแห้ง (kg)	2.36	4.25
อัตราการได้คั้นของชาแห้ง (%)	21.85	33.54
น้ำหนักชาแห้งที่สุ่ม (g)	3.03	1.51
น้ำหนักชาแห้งหลังแช่น้ำ (g)	10.55	5.25
อัตราการดูดกลืนน้ำ (%)	248.18	247.68



รูปที่ 2 อัตราการดูดกลืนน้ำของชาเขียวใบอ่อนที่ระยะเวลาการแช่น้ำ 10-40 นาที



รูปที่ 3 อัตราการดูดกลืนน้ำของชาเขียวใบแก่ที่ระยะเวลาการแช่น้ำ 10-40 นาที



รูปที่ 4 ลักษณะของชาเขียวใบอ่อนแห้งและหลังแช่น้ำเปรียบเทียบกับชาเขียวสด



ชาเขียวสด ชาเขียวแห้ง ชาเขียวหลังแช่น้ำ

รูปที่ 5 ลักษณะของชาเขียวใบแก่แห้งและหลังแช่น้ำ

เปรียบเทียบกับชาเขียวสด

3.2.3 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำชา

เมื่อนำตัวอย่างชาเขียวใบอ่อนและใบแก่ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปแล้วจากโรงงานชา ไร่ชาหยดน้ำค้าง มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ด้วยวิธี ISO 14502-2:2005 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล (Phenolic compounds) ซึ่งได้แก่ Epigallocatechin (EGC), Catechin (C), Epigallocatechin gallate (EGCG), Caffeine (CF), Epicatechin (EC) และ Epicatechin gallate (ECG) ในชาเขียวใบอ่อนมีค่ามากกว่าในชาเขียวใบแก่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ratanamarno and Surbkar [15] ที่ศึกษาพบว่าชาใบกาแฟใบอ่อนมีเคทาจีน (Catechines) หรือสารประกอบโพลีฟีนอลมากกว่าชาใบกาแฟใบแก่ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Yung-Sheng Lin et al. [16] ที่ศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในชาเขียวในสาธารณรัฐจีน (ไต้หวัน) พบว่า ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในชาเขียวใบอ่อนมีปริมาณสาร ECG สูงที่สุด ตามด้วย EC, EGC, CF, EGCG และ C ตามลำดับ ส่วนในชาเขียวใบแก่มีปริมาณสาร EC สูงที่สุด ตามด้วย EGC, CF, ECG, C และ EGCG ตามลำดับ ซึ่งสารประกอบโพลีฟีนอลเหล่านี้เป็นสารหลักในใบชาที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในการต้านโรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคเบาหวาน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าตัวอย่างชาเขียวจากไร่ชาหยดน้ำค้างเป็นชาที่มีคุณภาพดีเพราะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลสูง แต่ชาแก่เป็นชาที่มีคุณภาพค่อนข้างด้อยเพราะมีสารประกอบโพลีฟีนอลต่ำ ทั้งนี้

ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในใบชาจะมากหรือน้อยยังขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ฤดูกาล การเพาะปลูก และพันธุ์ชา [17]

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำชาเขียวใบอ่อนและใบแก่

ชนิดของ catechins	ชาใบอ่อน	ชาใบแก่
Epigallocatechin (EGC) (g/100g dry basis)	2.22 ± 0.00	0.35 ± 0.01
Catechin (C) (g/100g dry basis)	1.13 ± 0.00	0.26 ± 0.02
Epigallocatechin gallate (EGCG) (g/100g dry basis)	1.95 ± 0.00	0.17 ± 0.00
Caffeine (CF) (g/100g dry basis)	2.03 ± 0.00	0.34 ± 0.00
Epicatechin (EC) (g/100g dry basis)	2.53 ± 0.01	0.58 ± 0.01
Epicatechin gallate (ECG) (g/100g dry basis)	3.59 ± 0.01	0.30 ± 0.01
Total polyphenol (g/100g dry basis)	17.50 ± 0.02	9.78 ± 0.01

3.3 พลังงานที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปชา

พลังงานที่ใช้ในการแปรรูปชาเขียวใบอ่อนและใบแก่ในงานวิจัยได้มาจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลการใช้พลังงานจริง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณตามหลักวิชาการ

3.3.1 พลังงานที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปชาเขียวใบอ่อน

พลังงานที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปชาเขียวใบอ่อนได้จากพลังงานไฟฟ้าและพลังงานจากแก๊สเชื้อเพลิง ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งเครื่องคั่วไม่สามารถวัดค่าทางไฟฟ้าได้ จึงหาพลังงานจากค่าแอมเพลต์ของมอเตอร์ไฟฟ้าและคิดค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ 0.8 โดยขั้นตอนการอบใบชาหลังนวดจะใช้พลังงานมากที่สุด และขั้นตอนการนวดใช้พลังงานน้อยที่สุด

ตารางที่ 3 ความสิ้นเปลืองพลังงานในการผลิตชาเขียวใบอ่อน จากน้ำหนักสด 10.8 kg จะได้ชาแห้ง 2.36 kg

เครื่องจักร	แหล่งพลังงาน	รายละเอียดพลังงาน	เวลาใช้งาน (min)	กำลัง (W)	พลังงานที่ใช้ (kJ/2.36 kg dried tea)	พลังงานที่ใช้ (kJ / 1 kg dried tea)
เครื่องคั่ว	LPG**	0.1 kg	8	10,462.50	5,022.00	2,127.97
	ไฟฟ้า	380 V 5 A*	8	2,632.72	1,263.70	535.47
เครื่องนวด	ไฟฟ้า	380 V 5 A*	8	2,632.72	1,263.70	535.47
เครื่องอบ	LPG**	0.2 kg	30	2,790.00	10,044.00	4,255.93
	ไฟฟ้า	198.00 V 5.0 A	30	990.00	1,782.00	755.08
รวม				19,507.93	19,375.41	8,209.92

* คิดค่าประสิทธิภาพมอเตอร์ 0.8

**คิดค่าความร้อน 50,220 kJ/kg [7]

3.2.2 พลังงานที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปชาเขียวใบแก่

พลังงานที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปชาเขียวใบแก่ได้จาก พลังงานไฟฟ้า พลังงานจากแก๊สเชื้อเพลิง และพลังงานจากฟืน ดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้โดยเครื่องคั่วคิดเหมือนกับการแปรรูป

ชาใบอ่อน โดยการคั่วชาหลังนวดด้วยเครื่องคั่วแบบใช้ฟืนจะใช้พลังงานมากกว่าเครื่องคั่วก่อนนวดด้วยแก๊ส LPG แต่อย่างไรก็ตามราคาแก๊ส LPG มีค่าสูงกว่าฟืนมาก ดังนั้นการตัดสินใจเลือกชนิดของเชื้อเพลิงต้องพิจารณาถึงต้นทุนด้วย

ตารางที่ 4 พลังงานไฟฟ้า แก๊ส LPG และชีวมวลที่ใช้ในการแปรรูปชาเขียวใบแก่

เครื่องจักร	แหล่งพลังงาน	รายละเอียดพลังงาน	เวลาใช้งาน (min)	กำลัง (W)	พลังงานที่ใช้ (kJ/4.25 kg dried tea)	พลังงานที่ใช้ (kJ / 1 kg dried tea)
เครื่องคั่ว	PLG**	0.1 kg	8	10,462.50	5,022.00	2,127.97
	ไฟฟ้า	380 V 5 A*	8	2,632.72	1,263.70	535.47
เครื่องนวด	ไฟฟ้า	380 V 5.68 A	8	3,738.46	1,794.46	760.36
เครื่องคั่วหลังนวด	ฟืน***	3.07 kg	8	102,269.38	49,036.00	20,777.97
	ไฟฟ้า	192.47 4.3 A	8	827.62	397.26	168.33
รวม				119,930.67	57,513.42	24,370.09

* คิดค่าประสิทธิภาพมอเตอร์ 0.8

** คิดค่าความร้อน 50,220 kJ/kg [7]

*** คิดค่าความร้อน 15,990 kJ/kg [7]

3.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ในการแปรรูปชา

การวิเคราะห์หัวข้อนี้ใช้ข้อมูลจริงของไร่ชาหยดน้ำค้างเป็นค่าเริ่มต้นในการคำนวณ นั่นคือ ปริมาณการผลิตชาเขียวใบอ่อนแห้ง 2,112.20 กก./ปี ราคาขายชาเขียวใบอ่อนแห้ง 500 บาท/กก. และปริมาณการผลิตชาเขียวใบแก่ 45,730.00 กก./ปี ราคาขายชาเขียวใบแก่แห้ง 50 บาท/กก. เงื่อนไขการวิเคราะห์มีดังนี้

- ใช้วิธีเส้นตรงในการคิดค่าเสื่อมราคา
- ใช้อัตราดอกเบี้ย 3.875% ต่อ ปี [18]
- มูลค่าซากคิด 10% ของราคาเครื่องจักรทุกชนิด ทั้งนี้หากเครื่องจักรมีราคาไม่เกิน 30,000 บาท จะไม่คิดมูลค่าซาก [19]
- อายุการใช้งานของเครื่องจักรทุกชนิด 10 ปี
- คิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.9 บาท
- คิดค่าแก๊ส LPG กิโลกรัมละ 26.04 บาท

- คิดค่าฟืน กิโลกรัมละ 1.24 บาท
- สินค้าที่ผลิตจำหน่ายได้หมดโดยไม่มีสินค้าคงเหลือ

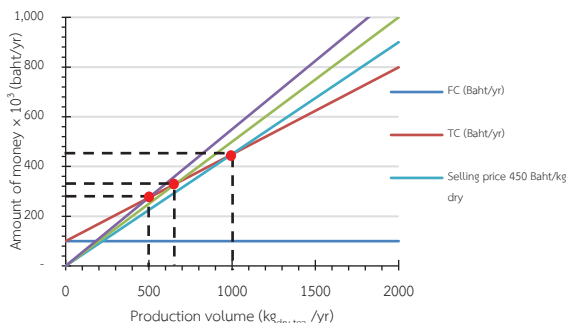
3.4.1 ชาเขียวใบอ่อน

ค่าใบชาอ่อนสด 60 บาท/กิโลกรัมสด ในการผลิต 1 ครั้ง สามารถผลิตได้ 10.8 กิโลกรัมสด และ 1 วันจะผลิตได้ 5 ครั้ง ดังนั้นในหนึ่งวันจะสามารถผลิตชาเขียวได้ 54 กิโลกรัมสด (10.8×5) โดยมีระยะเวลาในการปฏิบัติงาน 179 วัน/ปี ซึ่งไม่นับวันหยุดวันเสาร์-อาทิตย์ และหยุดช่วงระยะเวลา 3 เดือน หลังการตัดแต่งกิ่ง ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหาต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรแสดงในตารางที่ 5 โดยมีจำนวนเงินลงทุนครั้งแรก 935,000 บาท ผลการคำนวณหาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุนมีดังนี้

ตารางที่ 5 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ในการแปรรูปชาเขียวใบอ่อน

ข้อมูล	ราคา	หน่วย
ราคาซื้อเครื่องคั่วใบชา	150,000	บาท
ราคาซื้อเครื่องนวดใบชา	85,000	บาท
ราคาซื้อเครื่องอบใบชา	300,000	บาท
ค่าอาคารโรงเรือน	400,000	บาท
อัตราดอกเบี้ย	3.875	% ต่อปี
ค่าซ่อมแซม & บำรุงรักษา	10,000	บาท/ปี
จำนวนคนงาน	2	คน
ค่าจ้างแรงงาน	300	บาท/วัน
ชั่วโมงทำงาน	8	ชั่วโมง/วัน
ชั่วโมงทำงานของเครื่องคั่วใบชา	0.65	ชั่วโมง/วัน
ชั่วโมงทำงานของเครื่องนวดใบชา	0.65	ชั่วโมง/วัน
ชั่วโมงทำงานของเครื่องอบใบชา	2.65	ชั่วโมง/วัน
ปริมาณการผลิต	54	กก.สด/วัน
ปริมาณการผลิต	12	กก.แห้ง/วัน
ระยะเวลาทำงาน	179	วัน/ปี
ค่าวัสดุและอุปกรณ์ประกอบ	30,000	บาท/ปี

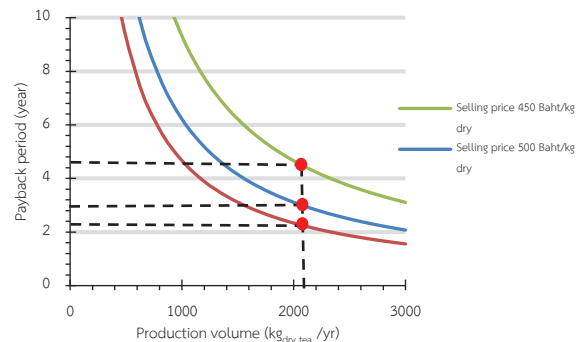
1) จุดคุ้มทุนในการแปรรูปชาเขียวใบอ่อน จากการสอบถามราคาขายชาเขียวจากผู้ประกอบการพบว่า ราคาชาเขียวใบอ่อนแห้งคือ 500 บาท/กก. ซึ่งจะมีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 650 กิโลกรัมชาแห้งต่อปี (รูปที่ 5) หากคิดราคาขายลดลง 10% จะได้ราคาขาย 450 บาท/กก. ซึ่งจะมีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 1,000 กิโลกรัมชาแห้งต่อปี (รูปที่ 6) และหากคิดราคาขายเพิ่มขึ้น 10% จะได้ราคาขาย 550 บาท/กก. ซึ่งจะมีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 500 กิโลกรัมชาแห้งต่อปี (รูปที่ 5)



รูปที่ 6 จุดคุ้มทุนของการแปรรูปชาเขียวใบอ่อน
เมื่อกำหนดราคาขาย 450-550 บาท ต่อ กก.

2) ระยะเวลาคืนทุนในการแปรรูปชาเขียวใบอ่อน หากใช้ปริมาณการผลิตของไร่ชาหยดน้ำค้างที่ 2,100 กิโลกรัมชาแห้งต่อปี จะมีระยะเวลาคืนทุน 3.00 ปี (รูปที่ 6) เมื่อราคาขายชาแห้งมีค่า 500 บาท/กก. หากราคาขายเพิ่มขึ้น 10% (550 บาท/กก.) จะมีระยะเวลาคืนทุน 2.30 ปี (รูปที่ 6) และหากราคาขายลดลง 10% (450 บาท/กก.) จะมีระยะเวลาคืนทุน 4.60 ปี (รูปที่ 7) ซึ่งระยะเวลาคืนทุนจะมีค่ามากกว่าการรอบแห้งหญ้าโดยใช้แหล่งความร้อนจากก๊าซหุงต้มและพลังงานแสงอาทิตย์ [20]

เนื่องจากกระบวนการแปรรูปชาใบแก่มีเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตมากกว่าการอบแห้งหญ้าหวาน หากต้องการระยะเวลาคืนทุนที่สั้นลง จำเป็นต้องเพิ่มกำลังการผลิตหรือปรับราคาขายต่อกิโลกรัมให้สูงขึ้น



รูปที่ 7 ระยะเวลาคืนทุนของการแปรรูปชาเขียวใบอ่อน
เมื่อกำหนดราคาขาย 450-550 บาท ต่อ กก.

3.4.2 ชาเขียวใบแก่

ค่าใบชาแก่สด 8 บาท/กิโลกรัมสด ใน 1 ครั้ง สามารถผลิตได้ 12.67 กิโลกรัมสด และใน 1 วัน สามารถผลิตได้ 40 ครั้ง ดังนั้นในหนึ่งวันจะสามารถผลิตชาเขียวได้ 506.8 กิโลกรัมสด (12.67×40) โดยมีระยะเวลาในการปฏิบัติงาน 269 วัน/ปี ซึ่งไม่นับวันหยุดวันเสาร์-วันอาทิตย์ ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งมีรายการที่เพิ่มจากการคำนวณต้นทุนในการแปรรูปชาใบอ่อนคือ ค่าพลาสติกและวัสดุปูรองตากใบชา โดยมีจำนวนเงินลงทุนครั้งแรก 985,000 บาท ผลการคำนวณหาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุนมี ดังนี้

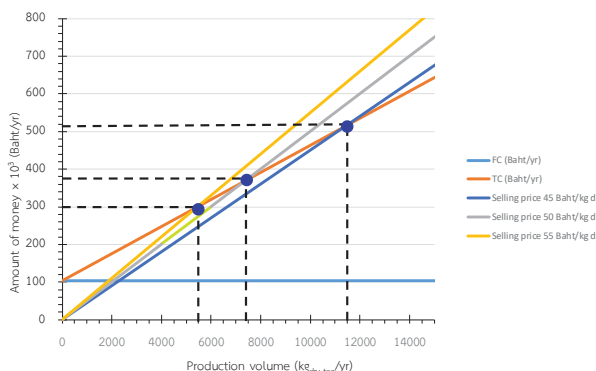
ตารางที่ 6 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ในการแปรรูปชาเขียวใบแก่

ข้อมูล	ราคา	หน่วย
ราคาซื้อเครื่องคั่วใบชา	150,000	บาท
ราคาซื้อเครื่องนวดใบชา	85,000	บาท
ราคาซื้อเครื่องคั่วใบชา	150,000	บาท
ค่าอาคารโรงเรือน	600,000	บาท

ตารางที่ 6 (ต่อ) ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ในการแปรรูปชาเขียวใบแก่

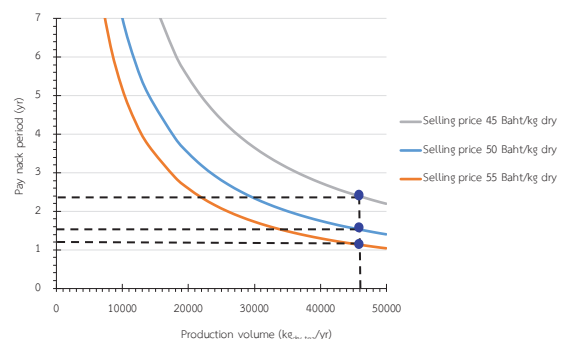
ข้อมูล	ราคา	หน่วย
อัตราดอกเบี้ย	3.875	% ต่อปี
ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา	10,000	บาท/ปี
จำนวนคนงาน	5	คน
ค่าจ้างแรงงาน	300	บาท/วัน
ชั่วโมงทำงาน	8	ชั่วโมง/วัน
ชั่วโมงทำงานของเครื่องคั่วใบชา	1.74	ชั่วโมง/วัน
ชั่วโมงทำงานของเครื่องนวดใบชา	1.72	ชั่วโมง/วัน
ชั่วโมงทำงานของเครื่องคั่วใบชา	0.53	ชั่วโมง/วัน
ปริมาณการผลิต	507	กก.สด/วัน
ปริมาณการผลิต	170	กก.แห้ง/วัน
ระยะเวลาทำงาน	269	วัน/ปี
ค่าวัสดุและอุปกรณ์ประกอบ	30,000	บาท/ปี
ค่าพลาสติกใสและวัสดุรองตากชา	10,000	บาท/ปี

1) การหาจุดคุ้มทุนในการแปรรูปชาเขียวใบแก่ จากการสอบถามราคาขายชาใบแก่จากผู้ประกอบการพบว่าราคาชาใบแก่แห้งคือ 50 บาท/กก. ซึ่งจะมีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 7,500 กก./ปี (รูปที่ 8) แต่หากคิดราคาขายลดลง 10% จะได้ราคาขาย 45 บาท/กก. ซึ่งจะมีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 5,500 กก./ปี (รูปที่ 8) และหากคิดราคาขายเพิ่มขึ้น 10% จะได้ราคาขาย 55 บาท/กก. ซึ่งจะมีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 11,500 กก./ปี (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 จุดคุ้มทุนของการแปรรูปชาเขียวใบแก่ เมื่อกำหนดราคาขาย 45-55 บาท ต่อ กก.

2) การหาระยะเวลาในการคืนทุนในการแปรรูปชาเขียวใบแก่ หากใช้ปริมาณการผลิตของไร่ชาหยดน้ำค้างที่ 45,730 กก. ชาแห้ง/ปี จะมีระยะเวลาในการคืนทุน 1.50 ปี (รูปที่ 9) เมื่อราคาขายชาแห้งมีค่า 50 บาท ต่อ กก. หากราคาขายเพิ่มขึ้น 10% (55 บาท ต่อ กก.) จะมีระยะเวลาคืนทุน 1.10 ปี (รูปที่ 9) และหากราคาขายลดลง 10% (45 บาท ต่อ กก.) จะมีระยะเวลาคืนทุน 2.30 ปี (รูปที่ 9)



รูปที่ 9 ระยะเวลาคืนทุนของการแปรรูปชาเขียวใบแก่ เมื่อกำหนดราคาขาย 45-55 บาท ต่อ กก.

3.4.3 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ประกอบการ

การผลิตชาระดับ SME ในจังหวัดเชียงรายด้วยการใช้ทั้งพลังงานไฟฟ้า แก๊ส LPG และฟืน ชาที่ได้มีสมบัติทางกายภาพดี โดยชาเขียวใบอ่อนมีค่าองค์ประกอบทางเคมีดีกว่าชาใบแก่และสอดคล้องกับผลการวิจัยอื่น ๆ การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ ทำให้ทราบว่าต้องมีเงินลงทุนครั้งแรก 935,000 บาทสำหรับการแปรรูปชาเขียวใบอ่อน และ 985,000 บาทสำหรับชาเขียวใบแก่ แต่ปริมาณการผลิตทั้งปีของชาเขียวใบอ่อนต่อชาเขียวใบแก่มีค่า 1 ต่อ 22 ถึงแม้ว่าราคาชาเขียวใบอ่อนจะสูงกว่าใบแก่ถึง 10 เท่า แต่การผลิตชาเขียวใบอ่อนนั้นไม่สามารถผลิตได้ทุกวันเหมือนชาใบแก่ เนื่องจากต้องรอให้ยอดอ่อนงอก จากผลการวิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่าผู้ประกอบการใหม่ที่มีต้นทุนจำกัดควรลงทุนแปรรูปชาเขียวใบแก่เพราะสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี ทำให้มีระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่า หากภายหลังมีเงินทุนเพิ่มอาจขยายการแปรรูปชาเขียวใบอ่อนเพิ่มเติม

4. สรุปผล

1. กระบวนการแปรรูปชาเขียวใบอ่อนและใบแก่มีความคล้ายคลึงกัน แตกต่างกันที่ชาเขียวใบแก่จะเพิ่มกระบวนการลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ขึ้นมา
2. ใบชาเขียวสด 10.8 kg เมื่อแปรรูปแล้วจะได้ชาเขียวแห้ง 2.36 kg คิดเป็นสัดส่วน 5:1 ส่วนชาเขียว

ใบแก่สด 12.67 kg เมื่อแปรรูปแล้วจะได้ชาเขียวใบแก่แห้ง 4.25 kg คิดเป็นสัดส่วน 3:1

4. พฤติกรรมการกินตัวของชาแห้ง ในช่วงเริ่มต้นอัตราการดูดคืนน้ำจะมีค่าสูงแล้วค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งถึงตามระยะเวลาการแช่น้ำที่เพิ่มขึ้น โดยมีอัตราการดูดคืนน้ำของชาเขียวใบอ่อนมีค่าร้อยละ 248.18 และชาเขียวใบแก่ร้อยละ 247.68

5. ใบชาเขียว 100 g จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลสูงกว่าชาเขียวใบแก่ แสดงว่าชาเขียวใบอ่อนมีคุณภาพดีกว่าชาเขียวใบแก่

6. จะต้องผลิตชาเขียวใบอ่อน 2,112.20 กก./ปี จึงจะมีระยะเวลาในการคืนทุนประมาณ 3.00 ปี และจะต้องผลิตชาเขียวใบแก่ 45,730 กก./ปี จึงจะมีระยะเวลาในการคืนทุนประมาณ 1.50 ปี

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ

- คุณวัชร ขาววิราช ไร่ชาหยดน้ำค้าง จังหวัดเชียงราย ที่ให้ความรู้และอนุญาตให้นักศึกษาเข้าไปเก็บข้อมูลจริง ณ โรงงาน
- สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจองค์ประกอบทางเคมีของชา
- สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำงานชิ้นนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. ความรู้เกี่ยวกับชา. 2559. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://web2.mfu.ac.th/other/teainstitute/?lang=th>.
- [2] ชีรพงษ์ เทพกรณ์. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (โพลีฟีนอล) ในระหว่างกระบวนการผลิตชาเขียวและชาอู่หลงของจังหวัดเชียงราย. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2550.
- [3] วัฒนา วิวิธกร. ความสำคัญของแทนนินที่มีต่ออุตสาหกรรมอาหาร. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2539; 26(3) : 157-167.
- [4] Balentine, D.A. Introduction: tea and health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1997; 8: 661-669.

- [5] จารุภรณ์ ศรีประเสริฐ. การวิเคราะห์หาปริมาณคาเฟอีนในกาแฟสำเร็จรูป (ชนิดน้ำ) บรรจุกระป๋อง. สถาบันราชภัฏเพชรบุรี, 2540.
- [6] เดชา ภัทรมูล. งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. บริษัท สกายบุ๊คส์ จำกัด; กรุงเทพฯ, 2547.
- [7] คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ตารางที่เกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้ ที่ 1. 2559. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Energy_Conservation_in_Industrial_Plant/7.html.
- [8] AOAC. Official Analytical Methods. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 2002.
- [9] Maskan, M. Drying, Shrinkage and Rehydration Characteristics of Kiwifruits During Hot Air and Microwave Drying. *Journal of Food Engineering*, 2001; 48: 177-182.
- [10] Duan, Z. H., Shang, J., and Xu, S. Study on Characteristics of Hot-Air Drying of Tilapia and Changes of Its Main Components. *Food and Bioproducts Processing*, 89(4):472-476.
- [11] ฐานันดร ปริดากัญญารัตน์. จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน. 2551. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www2.feu.ac.th/acad/ac/articles_detail.php?id=112.
- [12] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 120/2558. กระทรวงอุตสาหกรรม, 2558.
- [13] เทวรัตน์ ทิพย์นิล. การคงคุณภาพผักอบแห้งกิ่งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบปั๊มความร้อน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2555.
- [14] Duan, Z. H., Jiang, L. N., Wang, J. L., Yu, X. Y., and Wang, T. Drying and Quality Characteristics of Tilapia Fish Fillets Dried with Hot Air-Microwave Heating. *Food and Bioproducts processing*, 2011; 89(4), 472-476.
- [15] Ratanamarno, S., and Surbkar, S. Caffeine and Catechins in Fresh Coffee Leaf (*Coffea Arabica*) and Coffee Leaf Tea. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 2007; 11(3), 211-218.
- [16] Yung-Sheng, L., Yao-Jen, T., Jyh-Shyan, T., and Jen-Kun, L. Factors Affecting the Levels of Tea Polyphenols and Caffeine in Tea Leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003; 51: 1864-1873.
- [17] Graham, H. N. Green Tea Composition, Consumption and Polyphenol Chemistry. *Preventive Medicine*, 1992; 21: 334-350.
- [18] ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย. สินเชื่อเพื่อยกระดับ เศรษฐกิจชุมชน. 2562. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://www.smebank.co.th/loans/LocalEconomyUpgrade> (7 มีนาคม 2562).
- [19] กระทรวงการคลัง. การตีราคาทรัพย์สิน. 2543. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://audit.nida.ac.th/main/images/Kanokwan/Article/11article.pdf>.
- [20] ทวีศักดิ์ มหาวรรณ, อัจฉรา จันทร์ผง, และนิลวรรณ ไชยหนู. การพัฒนาตู้อบแห้งเห็ดโดยใช้แหล่งความร้อนจากก๊าซหุงต้มและพลังงานแสงอาทิตย์. ประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 14 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 6, วันที่ 1-4 เมษายน 2556, โรงแรมหัวหินแกรนด์ แอนด์ พลาซ่า จังหวัดประจวบคีรีขันธ์, 2556, 387-392.