บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย

2.1 วิธีการปลูกถั่วเหลือง และถั่วลิสง

2.1.1 การปลูกถั่วเหลือง (Soybean)

การปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทยนิยมปลูก 3 ฤดู คือ **(กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542)**

1. ต้นฤดูฝน ในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกรกฎาคม พันธุ์ที่นิยมใช้ ได้แก่ สจ.1 สจ.5 และ สุโขทัย 1

2. ปลายฤดูฝน ในช่วงระหว่างเดือนสิงหาคม ถึงเดือนธันวาคม พันธุ์ที่นิยมใช้ ได้แก่ สจ.4 สจ.5 และ นครสวรรค์ 1

3. ฤดูแล้ง ในช่วงระหว่างเดือนธันวาคม ถึงเดือนมีนาคม พันธุ์ที่นิยมใช้ ได้แก่ เชียงใหม่ 60 สจ.5 และ สจ.4

ขั้นตอนต่าง ๆ ในการปลูกถั่วเหลือง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542)

1) การเตรียมดิน

การไถพรวนให้ลึกประมาณ 15 - 20 ซม. ทำการตากดินไว้ 1 – 2 สัปดาห์ เพื่อให้แสงแดดเผาทำลายวัชพืช และศัตรูพืช หลังจากนั้นจึงพรวนดินให้ร่วนซุย 1 – 2 ครั้ง สำหรับการปลูกในช่วงฤดูแล้งในดินที่มีการระบายน้ำไม่ดี หรือในพื้นที่ที่จำเป็นต้องมีการให้น้ำ ควรยกร่องและทำร่องระบายน้ำโดยรอบ โดยทั่วไปจะใส่ปุ๋ยรองพื้น ปุ๋ยที่ใช้สูตร 12 – 24 – 12 หรือ 15 – 15 – 15 อัตรา 20 – 30 กิโลกรัมต่อไร่

รูปที่ 2.1 รถ ไถที่ใช้ในการเตรียมดิน

2) การปลูกและระยะปลูก

สามารถแบ่งออกได้ 2 วิธีการ ตามฤดูปลูก คือ

1. ฤดูฝน หลังเตรียมดินแล้ว การปลูกทำได้หลายวิธี ได้แก่ หว่าน หรือเปิดร่องแล้วโรยเป็นแถว หรือหยอดเป็นหลุม แต่วิธีที่ได้ผลดี คือ การหยอดเป็นหลุม ระยะระหว่างแถวและต้นพอเหมาะกับการเจริญเติบโต คือ 50 x 20 ซม. ปลูกหลุม 4 – 5 เม็ด การปลูกถั่วเหลืองโดยทั่วไปจะใช้เมล็ดประมาณ 5 กิโลกรัม/ไร่

2. ฤดูแล้ง ถ้ามีการเตรียมดินจะปลูกเช่นเดียวกับการปลูกฤดูฝนแต่ถ้าไม่มีการเตรียมดิน โดยทั่วไปจะหยอดเมล็ดบนตอซัง หรือระหว่างตอซัง หยอดเมล็ดตามหลุมลึกประมาณ 2 – 3 ซม. หลุมละ 4 – 5 เมล็ด แล้วใช้ฟางหรือปุ๋ยคอกกลบ เพื่อป้องกันนก หนู และเมลงเข้าทำลาย จากนั้นจึงระบายน้ำเข้าพอให้ดินเปียกชุ่ม และระบายน้ำออก

รูปที่ 2.2 การปลูกถั่วเหลืองในฤดูแล้ง

3) การบำรุงรักษา

1. การให้น้ำ ถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูแล้งต้องทดน้ำเข้าช่วย โดยจะให้น้ำประมาณ 3 – 10 วัน/ครั้ง การให้น้ำไม่ควรให้น้ำขังในแปลงนานเกินกว่า 1 วัน จะทำให้ถั่วเหลืองชะงักการเจริญเติบโต

2. การพรวนดิน และดายหญ้า ควรทำให้พอเพียงมิให้มีหญ้าขึ้นแย่งอาหารของต้นถั่วเหลือง ในการปลูกถั่วเหลืองครั้งหนึ่ง ๆ จะต้องทำการดายหญ้า พรวนดิน ประมาณ 2 – 3 ครั้ง จนกว่าต้นถั่วเหลืองจะเริ่มออกดอกจึงค่อยหยุด

3. การป้องกันและกำจัดโรคและแมลง การปลูกถั่วเหลืองให้ได้ผลสูง เกษตรกรจะต้องดูแลเอาใจใส่มิให้มีโรคและแมลงศัตรูพืชรบกวนด้วย

รูปที่ 2.3 ระบบการชลประทานจากลำน้ำเหมือง

4) การใส่ปุ๋ย

ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์แล้ว เมื่อใส่ปุ๋ยลงไปอาจทำให้ถั่วเหลืองเฝือใบได้ และเป็นการเพิ่มต้นทุนผลิตโดยไม่จำเป็น สำหรับดินในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นดินที่ได้ทำการเกษตรกรรมมานาน ปริมาณธาตุอาหารในดินย่อมลดน้อยลง โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน และฟอสฟอรัส มักขาดส่วนโปรแตสเซียม มักจะมีเพียงพอ การใส่ปุ๋ยส่วนใหญ่จะใส่ครั้งเดียว โดยหยอดต้นหลุม หรือหว่านให้ทั่วก่อนการพรวนดิน หรือใส่หลังปลูก 3 – 4 สัปดาห์ โดยการหว่านแล้วพรวนดินกลบ พร้อมทั้งการดายหญ้ากำจัดวัชพืช

5) การกำจัดวัชพืช

วิธีการกำจัดวัชพืชที่สำคัญในถั่วเหลือง ได้แก่ การใช้สารเคมี เนื่องจากปัญหาด้านแรงงาน รวมทั้งการปลูกถั่วเหลืองในฤดูฝน การดายหญ้าจะปฏิบัติลำบาก เนื่องจากดินมีความชื้น และมีปริมาณวัชพืชมาก ดังนั้น การกำจัดวัชพืชด้วยสารเคมี จึงเป็นที่นิยมของเกษตรกร สารเคมีส่วนใหญ่จะเป็นพวก pre-emergence herbisides ซึ่งจะพ่นคลุมดินทันทีหลังปลูกก่อนที่วัชพืช และต้นถั่วเหลืองจะงอก สามารถควบคุมวัชพืชไม่ให้งอกขึ้นมาได้นานประมาณ 30 – 35 วัน ซึ่งหลังจากนั้นจะมีพุ่มใบคลุมดิน ปกคลุมวัชพืช ไม่จำเป็นต้องมีการกำจัดวัชพืช หรือดายหญ้าอีกเพียง 1 ครั้ง

6) การเก็บเกี่ยว

โดยปกติถั่วเหลืองจะเริ่มแก่เมื่ออายุ 85 – 90 วัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ฤดูปลูก และสภาพแวดล้อม การเก็บเกี่ยวโดยการใช้มือ หรือเคียวตัดที่โคนต้น นำมากองไว้ในไร่ หรือเก็บไว้ในร่ม แล้วจึงทำการนวด ปัจจุบันมีเครื่องนวดถั่วเหลือง ซึ่งมีประสิทธิภาพดี ทำการนวดได้เร็วและประหยัด ตัดแล้วทำการนวดในไร่ได้เลย หรือจะขนมานวดในที่ร่มก็ได้ นำเมล็ดไปตากแดดให้แห้ง ให้เหลือความชื้น ประมาณ 10 – 12% แล้วทำการคัดหรือเป่าเมล็ด โดยจะใช้เครื่องคัดหรือฝัดก็ได้ เมื่อจำหน่ายจะได้ราคาดีขึ้น นอกจากนี้การใช้เครื่องนวดจะช่วยให้เมล็ดมีคุณภาพดี

7) การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

เมื่อนวดเสร็จแล้ว ควรตากแดดหรือผึ่งลมให้เมล็ดแห้งสนิท แล้วทำความสะอาดเมล็ด ก่อนที่จะนำไปบรรจุกระสอบป่าน หรือภาชนะอื่น โดยปกติจะตากเมล็ดไว้ 4 – 5 แดด เมล็ดจะมีความชื้น 10 – 12% ถ้าเก็บเมล็ดถั่วเหลืองที่มีความชื้นสูงเกิน 12% จะทำให้เมล็ดถั่วเหลืองเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว สถานที่เก็บควรจะโปร่งและยกพื้น โดยใช้ไม้รองเพื่อกันความชื้นที่จะเข้าไปในเมล็ด

2.1.2 การปลูกถั่วลิสง (Ground nut)

การปลูกในฤดูฝน การที่จะปลูกในช่วงใดนั้น จะต้องพิจารณาถึงการกระจายตัวของฝน และปริมาณน้ำฝน ความสามารถเก็บกักน้ำของดิน และระบบการปลูกพืชที่เกษตรกรปฏิบัติอยู่ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงช่วงเก็บเกี่ยวด้วย กล่าวคือ ดินต้องมีความชื้นบ้าง เพื่อความสะดวกของการถอนต้นถั่ว และอากาศควรจะแห้งพอที่จะตากถั่วให้แห้งได้ โดยทั่วไปฤดูปลูกที่เหมาะสมในแต่ละเขต คือ **(กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542)**

1. ในเขตที่มีปริมาณน้ำฝนพอที่จะปลูกได้สองพืชต่อปี

1.1 ต้นฤดูฝน ในเดือนเมษายน ถึง พฤษภาคม เก็บเกี่ยวประมาณ กรกฎาคม ถึง สิงหาคม ซึ่งจะเป็นช่วงที่ฝนทิ้งช่วง พอที่จะตากผลผลิตได้ และสามารถปลูกพืชอื่นตามได้

1.2 ปลายฤดูฝน ตั้งแต่ต้นเดือนกรกฎาคม ถึง สิงหาคม เก็บเกี่ยวในเดือนตุลาคม ถึง พฤศจิกายน มักจะปลูกเป็นพืชที่สอง และในช่วงเก็บเกี่ยวดินไม่แห้งแข็ง เป็นอุปสรรคต่อการเก็บเกี่ยว ดังนั้นจึงต้องเป็นดินเนื้อร่วน

2. ในเขตที่การกระจายฝนไม่พอที่จะปลูกได้สองพืช ควรจะปลูกในเดือนพฤษภาคม ถึง มิถุนายน เก็บเกี่ยวได้ในเดือนกันยายน ถึง ตุลาคม ซึ่งดินมีความชื้นพอที่จะไม่เสียหายเมื่อเก็บเกี่ยว และอากาศแห้งพอสำหรับตาก

การปลูกในฤดูแล้ง โดยอาศัยน้ำชลประทาน ควรปลูกในระหว่างธันวาคม ถึง มกราคม เพราะถ้าปลูกช้าจะโดนฝน เมื่อเก็บเกี่ยวจะทำให้คุณภาพของผลผลิตลดลง

ขั้นตอนต่าง ๆ ในการปลูกถั่วลิสง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542)

1) การเตรียมดิน

ดินที่ใช้ปลูกถั่วลิสง ควรจะเป็นดินร่วนซุย หรือดินปนทราย เพื่อเข็มสามารถแทงลงไปในดินได้สะดวก และเมื่อต้นถั่วเจริญเติบโตสามารถดึงฝักขึ้นจากดินได้ง่าย ฝักไม่ขาดจากลำต้น การระเหยน้ำทั้งผิวดินและใต้ดินดี ถ้าดินแฉะจะทำให้ต้นถั่วเน่าเสียหาย

ดินที่เหมาะสมกับการปลูกถั่วลิสง ควรเป็นดินที่เป็นกลางและมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.5 – 6.5 ควรปรับสภาพความเป็นกรดของดินโดยใช้ปูนขาว 100 – 300 กิโลกรัมต่อไร่ ก่อนปลูกถั่วลิสงประมาณ 1 – 2 สัปดาห์ เมื่อหว่านปูนแล้ว ควรพรวนดินกลบเพื่อให้ปูนได้ทำปฏิกริยากับดินเร็วขึ้น

การปลูกฤดูฝน พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ไร่ เตรียมดินโดยการไถดะ และไถพรวน ให้ดินร่วนซุย 1 – 2 ครั้งก็พอโดยไม่ต้องยกร่อง

การปลูกในฤดูแล้ง อาศัยน้ำชลประทาน ควรไถพรวนและยกร่องปลูก จะทำให้โครงสร้างของดินร่วนซุยขึ้น และสะดวกต่อการให้น้ำ

2) การปลูกและระยะปลูก

ระยะปลูกที่เหมาะสม ควรจะให้ได้จำนวนต้นประมาณ 40,000 ต้นต่อไร่ ซึ่งจะเป็นระยะห่างระหว่างแถว 30 – 50 ซม. ระยะระหว่างหลุม 20 – 25 ซม. ทั้งนี้แล้วแต่ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ถ้าดินมีความอุดมสมบูรณ์ดี ควรปลูกให้ห่าง เพื่อไม่ให้ต้นถั่วชิดกันเกินไป อันจะทำให้เกิดโรคระบาดง่าย แต่ถ้าดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ควรใช้ระยะถี่ เพื่อให้ต้นถั่วคลุมพื้นที่ได้เร็ว การปลูกโดยหยอดเป็นหลุม หลุมละ 2 – 3 เมล็ด ลึก 5 ซม. และกลบดินให้แน่น

รูปที่ 2.4 การปลูกและระยะปลูกของถั่วลิสง

3) การบำรุงรักษา

การให้น้ำ หลังจากปลูกถั่วลิสงแล้ว หากฝนไม่ตกควรให้น้ำทุก 10 – 15 วัน และอย่าให้ ถั่วลิสงขาดน้ำในระยะออกดอก (30 – 40 วันหลังงอก) จนถึงระยะแทงเข็ม (60 วันหลังงอก) ซึ่งเป็นระยะที่ถั่วลิสงต้องการน้ำมากที่สุด เพื่อให้ดินชื้น จะทำให้การแทงเข็มเป็นไปได้มากและสมบูรณ์ที่สุด ถ้าหากขาดน้ำในระยะนี้ จะทำให้ผลผลิตลดลงมาก

4) การใส่ปุ๋ย

การใส่ปุ๋ยเคมี ควรพิจารณาจากชนิดดิน ดินเหนียว หรือดินร่วนเหนียว ควรใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 0-6-0 หรือ 3-9-0 ดินร่วน หรือดินร่วมปนทราย ใส่ปุ๋ย 3-6-3 หรือ 3-9-6 และสูตรที่ใกล้เคียง 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่

วิธีการใส่ปุ๋ยที่ดีที่สุด คือ การหว่านหรือโรยเป็นแถว แล้วพรวนกลบลงดินก่อนปลูก หรือวิธีที่ได้ผลโรยเป็นแถวข้างแถวถั่ว แล้วพรวนดินกลบก่อนที่ถั่วลิสงเริ่มออกดอก คือ ไม่ควรเกิน 3 สัปดาห์ หลังจากงอก การใส่ปุ๋ยเร็วเท่าไหร่ ก็จะทำให้ต้นถั่วได้รับปุ๋ยเต็มประสิทธิภาพมากขึ้น

5) การกำจัดวัชพืช

ถั่วลิสงต้องการช่วงปลอดวัชพืช ประมาณ 3 – 7 สัปดาห์ หลังจากงอก การทำรุ่นควรรีบกระทำขณะวัชพืชยังเล็ก ในช่วง 15 – 20 วัน หลังจากนั้น ถ้ามีวัชพืชงอกขึ้นมาอีก

กำจัดอีกครั้ง ในช่วง 30 – 45 วัน การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช สามารถลดปัญหาวัชพืชลงได้มาก ทั้งยังสะดวก รวดเร็ว ส่วนใหญ่แล้วจะเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการจ้างแรงงาน ซึ่งมีทั้งสารเคมีประเภทพ่น ก่อนวัชพืชงอก และหลังวัชพืชงอก

6) การเก็บเกี่ยว

การที่จะกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงมีความสำคัญมากต่อผลผลิต การเก็บเกี่ยวเมื่อเมล็ดมีน้ำหนักสูงสุด จะทำให้ได้ผลตอบแทนสูงสุด รวมทั้งคุณภาพของเมล็ดก็สูงด้วย วิธีการที่ใช้ในทางปฏิบัติ เพื่อที่จะกำหนดอายุเก็บเกี่ยวอาจกระทำได้โดย

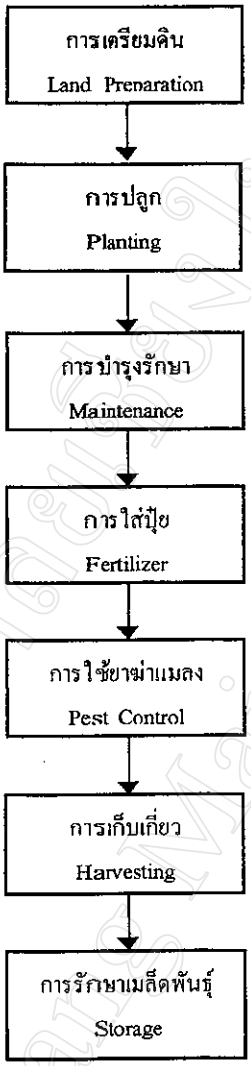
1. นับอายุ โดยทั่วไปถั่วลิสงที่ปลูกในประเทศไทย จะมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 100 – 110 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ฤดูปลูก และสถานที่ การปลูกในฤดูแล้ง ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ ทำให้อายุเก็บเกี่ยวยาวขึ้นกว่าปกติ

2. การสังเกตสีของเปลือกด้านใน ทำการสุ่มต้นถั่วลิสงจากหลายๆจุดในแปลง หากมีเปอร์เซ็นต์เปลือกฝักด้านในเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลดำ 60 – 80% ก็แสดงว่าถึงอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

วิธีเก็บเกี่ยวที่ดี คือ การใช้มือรวบต้นถั่วลิสงทั้งต้น และถอนขึ้นจากดิน หากดินแห้งและแข็ง การเก็บเกี่ยวอาจมีฝักตกค้างอยู่ในดิน จึงควรระมัดระวัง หากดินชื้นจะถอนได้สะดวกกว่า

7) การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

ภายหลังจากการปลิดฝักถั่วลิสงแล้ว จะตากถั่วประมาณ 3 – 4 แดด เก็บรักษาเมล็ดไว้ในกระสอบป่าน โดยทั่วไปแล้วเกษตรกรจะตากถั่วไม่แห้งสนิท หากเก็บรักษาไว้นาน ๆ ควรตากแดด 5 – 7 แดด ความชื้นในเมล็ดที่เหมาะสมแก่การเก็บรักษา ควรต่ำกว่า 7%



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนในการปลูกพืชน้ำมัน ถั่วเหลือง และถั่วลิสง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

2.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Analysis)

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพพลังงานนี้ เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในการผลิตและพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงน้ำมันพืช ซึ่งพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันพืชนั้นมีหลายชนิด เช่น ถั่วเหลือง ถั่วลิสง สบู่ดำ ละหุ่ง งา รำข้าว และพืชน้ำมันชนิดอื่น ๆ ที่ปลูกในภาคเหนือของประเทศไทย มูลค่าของพลังงานที่ใช้ไปของผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงการบำรุงรักษาเครื่องจักรกลเกษตร และมูลค่าพลังงานของเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการ ค่าของพลังงานที่ใช้ทั้งหมดสำหรับการปลูก รวมกับผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง สามารถที่จะหาได้จากอัตราส่วนพลังงานทั้งหมด (Energy Ratio, ER) ซึ่งคำนวณได้จาก

$$ER = \frac{\text{Energy Content of Vegetable Oil}}{\text{Total Energy Input}} \qquad (2.1)$$

2.2.1 ค่าความจุพลังงานของน้ำมันพืช (Energy Content of Vegetable Oil)

ค่าความร้อน คือ ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายใต้การทำให้สารที่ได้จากการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของเชื้อเพลิงนั้นเย็นลง ถึงอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศและเชื้อเพลิงนั้นมีหน่วยเป็น kJ/kg หรือ MJ/kg ของเชื้อเพลิง

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง แบ่งออกเป็นค่าความร้อนสูง (HHV) และค่าความร้อนต่ำ (LHV) กรณีวิเคราะห์ โดยมีไอน้ำในสารที่ได้จากการเผาไหม้นั้นควบแน่น จะได้ HHV และถ้า ไอน้ำในสารที่ได้จากการเผาไหม้นั้นระเหยตัว จะได้ LHV ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 เทอม คือ

$$LHV = HHV - m_w h_{fg} \qquad (2.2)$$

โดยที่ m_w คือ มวลของไอน้ำในสารที่ได้จากการเผาไหม้ ต่อ 1 หน่วยมวลของเชื้อเพลิง เนื่องจากการเผาไหม้ของ H ในเชื้อเพลิง และ h_{fg} คือ ความร้อนแฝงของการระเหย หรือควบแน่นของไอน้ำที่ความดันย่อยในสารที่ได้จากการเผาไหม้โดยค่าความร้อนของน้ำมันพืชสามารถวัดได้จากเครื่องมือบอมบ์แคลอริมิเตอร์

2.2.2 พลังงานที่ใช้ในการปลูกพืชน้ำมัน (Total Energy Input)

พลังงานเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อการเกษตรกรรม เพราะปัจจัยต่าง ๆ เช่น ปุ๋ยเคมี ยาปราบศัตรูพืช และแมลง เครื่องทุ่นแรงในไร่นา ได้ถูกผลิต ถูกสร้างขึ้นมาโดยใช้พลังงานทั้งสิ้น

และนอกจากปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ยังคงมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ต้องใช้พลังงานโดยตรง เช่น เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องทุ่นแรงต่าง ๆ เชื้อเพลิงสำหรับปั๊มสูบน้ำ

ดังนั้น พลังงานที่ใช้ไปในแต่ละกระบวนการทั้งหมดของการปลูกพืชน้ำมัน คือ ถั่วเหลืองและถั่วลิสง จนกระทั่งสกัดออกมาเป็นน้ำมันพืชดิบ และกระบวนการหลักของพลังงานที่ใช้ทั้งหมดนั้น เริ่มตั้งแต่การเตรียมดิน ซึ่งต้องใช้พลังงานจากแรงงาน และเครื่องทุ่นแรง การปลูก การชลประทาน การใส่ปุ๋ย การควบคุมวัชพืชและแมลง การเก็บเกี่ยว การนวด การอบแห้ง การเก็บรักษา การขนส่ง และการปรับสภาพให้เป็นน้ำมัน แสดงให้เห็นกระบวนการ ดังรูปที่ 2.9 แผนผังการผลิตน้ำมันพืชทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของพลังงานต่าง ๆ ที่สามารถหาพลังงานที่ใช้ไปในแต่ละกระบวนการต่าง ๆ ของการผลิตพืชน้ำมันและสกัดน้ำมันดิบในหน่วย MJ มีค่าสัมประสิทธิ์ประมาณ 1 หน่วยน้ำมันพืช ดังต่อไปนี้

- ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของแรงงาน (Human Labour)

จากข้อมูลการใช้พลังงานของเกษตรกรไทยในแต่ละวัน มีการใช้พลังงาน 10.32 MJ (2,457 kcal) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ฉ ซึ่งการใช้พลังงานในแต่ละวัน สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

- ช่วงเวลานอน (8 ชั่วโมง)	2.02 MJ
- ช่วงเวลาทำงาน (7 ชั่วโมง)	4.32 MJ
- ช่วงเวลาทำกิจกรรมอื่น ๆ (2 ชั่วโมง)	1.51 MJ
- สำหรับช่วงเวลาที่เหลือจากการทำงาน (7 ชั่วโมง)	2.47 MJ
รวม	10.32 MJ

(จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น การใช้พลังงานในแต่ละวัน ขึ้นอยู่กับอายุ น้ำหนักเฉลี่ยของร่างกาย)

ในการศึกษาครั้งนี้ ความต้องการพลังงานของเกษตรกรในการปลูกถั่วเหลืองและถั่วลิสงแต่ละคน จึงกำหนดให้เท่ากับ 4.32 MJ/ 7 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของแรงงานต่อ 1 ชั่วโมง ต่อ 1 คน คือ 0.62 MJ

ตารางที่ 2.1 จำนวนชั่วโมงการทำงานของเกษตรกรไทยในการปลูกพืชน้ำมันเฉลี่ยต่อไร่ **(Samootsakorn, 1982)**

การทำงาน	ความต้องการแรงงานเฉลี่ยต่อไร่	
	คน – ชั่วโมง	คน – นาที
ขับรถไถเดินตาม	4	45
ยกร่องพื้นที่ปลูก	55	-
หว่านเมล็ด	2	30
การกำจัดวัชพืช	5	-
การฉีดยาฆ่าแมลง	1	-
การใส่ปุ๋ย	2	30
การเก็บเกี่ยว	6	20
รวม	**77**	**5**

- ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของเครื่องจักร (Machinery)

โดยใช้หลักการ Samootsakorn **(รายละเอียดภาคผนวก ฉ)** สำหรับเครื่องจักรขนาดใหญ่ที่ใช้ในภาคการเกษตรคือ รถไถเดินตาม และปั๊มน้ำ สำหรับข้อมูลรถไถเดินตาม 2 ล้อ มีขนาดเครื่องยนต์ดีเซล 7 – 11.5 แรงม้า อายุการใช้งาน 20 ปี น้ำหนักรวม 0.225 – 0.25 ตัน และปั๊มน้ำเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 4 – 6 แรงม้า กำหนดอายุการใช้งาน 10 ปี น้ำหนักรวม 0.023 ตัน **(บริษัท สยามคูโบต้าอุตสาหกรรม จำกัด, 2545)** เฉลี่ยพื้นที่ทำการเกษตรในการปลูกถั่วเหลืองและถั่วลิสง เท่ากับ 4 ไร่ ทำการปลูกพืช 2 ครั้งต่อปี (ข้าวและพืชน้ำมัน) ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของรถไถเดินตาม 2 ล้อ และปั๊มน้ำ คือ 62 MJ/ไร่ และ 12 MJ/ไร่ ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานรวมของเครื่องจักรในการศึกษาครั้งนี้ คือ 74 MJ/ไร่

- ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของเชื้อเพลิง (Fuel)

จากการสำรวจการใช้เชื้อเพลิงในภาคเกษตรกรรมของเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองและถั่วลิสง ส่วนใหญ่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล เนื่องจากอุปกรณ์เครื่องยนต์เพื่อการเกษตร เป็นเครื่องยนต์ดีเซล ดังนั้นการใช้เชื้อเพลิงสำหรับปลูกพืชน้ำมันคือ น้ำมันดีเซล ซึ่งมีค่าความร้อน 46,800 kJ/กิโลกรัม ที่ค่าความถ่วงจำเพาะ 0.81 – 0.87 กรัม/มิลลิลิตร **(ตามประกาศของกระทรวงพาณิชย์, 2541)** ในการศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดให้ค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลเท่ากับ 39.31 MJ/ลิตร ค่าความถ่วงจำเพาะ 0.84 กรัม/มิลลิลิตร เป็นค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของเชื้อเพลิง

- ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของปุ๋ย (Fertilizer)

พลังงานที่ต้องการสำหรับการผลิต และขนส่งปุ๋ยเคมี ประมาณโดย Samootsakorn (1982) มีดังต่อไปนี้

N as anhydrous amonia	-	80 MJ/kg
P as normal super phosphate	-	14 MJ/kg
K as muriate of potash	-	9 MJ/kg

จากค่าของพลังงานข้างต้น จะสังเกตเห็นได้ว่า ไนโตรเจน คือ สารอาหารที่ใช้พลังงานมาก และจากการสำรวจเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองและถั่วลิสงในจังหวัดลำปาง พบว่าส่วนใหญ่ปุ๋ยที่ใช้ คือ ปุ๋ยผสม สูตร 15:15:15 **(ภาคผนวก ก และ ข)**

- ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของยาปราบศัตรูพืช (Pesticide)

เกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองและถั่วลิสง สำหรับการกำจัดวัชพืช เกษตรกรส่วนใหญ่จะใช้แรงงานคน ส่วนการกำจัดแมลงจำพวกเพลี้ย เสี้ยนดิน หรือศัตรูพืชอื่น ๆ จะใช้สารเคมีประเภท DDT (ยี่ห้อ กาแลนท์) ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานทั้งหมด ที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต เท่ากับ 24,200 kcal/กิโลกรัม **(Pimentel, 1980)** หรือเทียบเท่า 101.6 MJ/กิโลกรัม

- ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของปูนขาว (Lime)

Shapouri *et. al.* (1996) ประมาณมูลค่าพลังงานที่ใช้ในการผลิตปูนขาว (CaO) เป็น 1.44 MJ/กิโลกรัม

Pimentel *et. al.* (1980) ค่าของพลังงานในการบดและทำให้ปูนขาวแตกละเอียดใช้พลังงาน 10×10^9 kWh สำหรับน้ำหนัก 613×10^6 tons (Short Ton) คิดเป็นพลังงาน 15.45 kcal/กิโลกรัม หรือ 0.065 MJ/กิโลกรัม

จากการสำรวจพื้นที่ทำการเกษตรก่อนการปลูกถั่วเหลืองและถั่วลิสง สำหรับดินที่มีความเป็นกรดที่ค่า pH ต่ำกว่า 5.5 เกษตรกรจะใช้ปูนขาว เพื่อปรับสภาพดิน ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของปูนขาว 1.44 MJ/กิโลกรัม

- ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของเมล็ดพันธุ์ (Seeds)

ค่าพลังงานที่ใช้สำหรับเมล็ดพันธุ์ ประมาณจากค่าเฉลี่ยการใช้พลังงาน (Final Energy Consumption) ในประเทศไทยต่อ GDP เท่ากับ 16.7 kgoe/1,000 บาท **(กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2543)** ดังนั้น

$$\text{มูลค่าของพลังงาน (Energy Cost)} = \frac{16.7\ \text{kgoe}}{1{,}000\ \text{baht}} \times 42.1 \frac{\text{MJ}}{\text{kgoe}} \quad \text{(สำหรับน้ำมันดิบ)}$$

$$= 0.703\ \text{MJ/baht}$$

ตารางที่ 2.2 การเปลี่ยนมูลค่าของเมล็ดพันธุ์เป็นมูลค่าของพลังงาน

Seed Type	Unit cost * baht/kg	Energy cost MJ/kg
ถั่วเหลือง	9.56	6.72
ถั่วลิสง	12.33	8.66

*ราคาเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2540 – 2543 **(สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2543)**

- ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของการอบแห้ง (Drying)

โดยปกติแล้วความชื้นในเมล็ดพืชขณะเก็บเกี่ยว จะมีค่าระหว่าง 20 - 30% (wb) ดังนั้นจึงต้องมีการลดความชื้น แต่ในอดีตที่ผ่านมาจะเก็บเกี่ยวในขณะที่ความชื้นไม่สูงมากนักแล้ววางตากแดดทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 2 - 3 วัน เพื่อให้เมล็ดพืชแห้ง (ค่าความชื้นลดลง 12 - 15%) โดยทั่วไปเกษตรกรมักใช้อากาศแห้งที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เป็นตัวกลางในการอบแห้ง ทั้งนี้สามารถอบแห้งได้เร็ว หลังจากผ่านการอบแห้งจากแสงแดด เกษตรกรจะเก็บเมล็ดไว้ในกระสอบป่าน ซึ่งคุณสมบัติของกระสอบนี้จะช่วยลดค่าความชื้นได้ในระหว่างเก็บ และทำให้การเก็บรักษาง่ายด้วย จากการอบแห้งแบบธรรมชาตินั้น เป็นกระบวนการใช้พลังงานโดยอ้อม จึงไม่มีค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของการอบแห้ง

อย่างไรก็ตาม สำหรับถั่วลิสงในฤดูฝน แนะนำให้มีการนำเอาเมล็ดมาอบแห้ง ประมาณ 12% (wb) ก่อนที่จะเก็บ เพื่อป้องกันอัลฟ่าทอคซิน (Aflatoxin) ในการอบแห้งเมล็ดพืชหลายชนิด เครื่องอบแห้งถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดย Sitthipong *et. al.* (1989) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ใช้พลังงาน 12 MJ/kg dry-product ในการอบแห้งเมล็ดพืช เช่น ถั่วลิสง ถั่วเหลือง

Goering and Daugherty (1982) สำหรับกระบวนการอบแห้ง ได้ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของการอบแห้งถั่วลิสงสด คือ 0.6 MJ/kg product

สำหรับการอบแห้ง เมล็ดพืชน้ำมันถั่วเหลืองและถั่วลิสงในฤดูแล้งนั้น เกษตรกรส่วนใหญ่ เมื่อทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว จะทำการตากแดดไว้ 3 – 4 วัน เพื่อให้เมล็ดพืชแห้งก่อนนำไปบรรจุกระสอบ ดังนั้น จึงไม่มีค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของการอบแห้งในฤดูแล้ง

- **ค่าสัมประสิทธิ์ของการชลประทาน (Irrigation)**

Goering and Daugherty (1982) ได้ประมาณความต้องการพลังงานในการสูบน้ำ

$$E = \frac{mgh}{\eta_p \eta_e} \qquad (2.3)$$

โดยใช้สมการ

เมื่อ E = พลังงานที่ใช้สำหรับการสูบน้ำ, (MJ/ไร่)

g = ความเร่ง เนื่องจากแรงโน้มถ่วง

h = $(h_1 + h_2)$

h_1 = ความสูงในการยกระดับน้ำจากพื้นดิน, (m)

h_2 = ความสูงที่ใช้ในการแจกจ่ายน้ำ, (m)

m = ปริมาณน้ำที่สูบขึ้นมา/ไร่

η_p = ประสิทธิภาพของปั๊มน้ำ

η_e = ประสิทธิภาพในการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์

ค่าของ η_p เท่ากับ 0.65 สำหรับประสิทธิภาพของปั๊มน้ำ, η_e เท่ากับ 0.22 สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล และ 0.20 สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

จากการสำรวจเกษตรกรส่วนใหญ่จะปลูกถั่วเหลืองและถั่วลิสงในฤดูแล้ง (Dry – season) ช่วงเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม หลังจากเก็บเกี่ยวข้าว เนื่องจากดินยังคงมีความชื้นอยู่ จึงไม่ต้องการน้ำในช่วงแรก ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่จะใช้น้ำจากระบบฝาย หรือลำน้ำเหมือง ที่มีการไหลเวียนของน้ำตลอดเวลา **(ภาคผนวก ก และ ข)** ส่วนเกษตรกรที่มีพื้นที่ห่างจากระบบฝายหรือลำน้ำเหมือง จะทำการใช้ปั๊มน้ำขนาดเล็กสูบน้ำเข้าพื้นที่เพาะปลูก 2 ช่วง คือ เดือนกุมภาพันธ์และเดือนมีนาคม จากข้อมูลปั๊มน้ำขนาดเล็ก 3 – 5 แรงม้า สำหรับเครื่องยนต์เบนซิน และ 3 – 12

แรงม้า สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล (กำหนดให้ความสูงในการสูบน้ำจากคลองส่งน้ำ ประมาณ 2 เมตร) และเชื้อเพลิงที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลาประมาณ 3 ลิตร/ไร่ ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานสำหรับการชลประทาน คือ 235.86 MJ/ไร่

- ค่าสัมประสิทธิ์ของการขนส่ง (Transportation)

Samootsakorn (1982) รถบรรทุก 10 ล้อ (125 แรงม้า, 8 ตัน) ความจุ 12 ตัน ใช้สำหรับการขนส่งข้าว หรือสินค้าอื่น ๆ เฉลี่ยการใช้น้ำมันดีเซล 6 กิโลเมตร/ลิตร ดังนั้น ในการขนส่งข้าว 1 กิโลกรัม ใช้น้ำมันดีเซล 0.006 ลิตร

ในการศึกษานี้ จึงใช้หลักการเดียวกันกับ Samootsakorn ที่ระยะทางเฉลี่ยในการขนส่ง (Off – farm) ถั่วเหลือง 505 กิโลเมตร และถั่วลิสง 491 กิโลเมตร ซึ่งในปัจจุบันรถบรรทุก 10 ล้อ มีขนาด 200 – 230 แรงม้า น้ำหนัก 8 – 10 ตัน **(ศูนย์บริการข้อมูลอีซูซุ, 2545)** จากพิกัดน้ำหนักรถบรรทุก 11 – 13 ตัน ดังนั้น สัมประสิทธิ์ในการประมาณพลังงานที่ใช้ขนส่งเมล็ดพืชจะมีค่าเท่ากับ 0.208 MJ/กิโลกรัม (0.0053 ลิตร/กิโลกรัม) สำหรับถั่วเหลือง และ 0.2 MJ/กิโลกรัม (0.0051 ลิตร/กิโลกรัม) สำหรับถั่วลิสง **(รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ฉ)**

ส่วนระยะทางการขนส่งผลผลิตถั่วเหลืองและถั่วลิสง ภายในท้องถิ่นของเกษตรกร (On – farm) เมื่อเทียบกับระยะทางการขนส่งนอกพื้นที่ (Off – farm) น้อยมาก ดังนั้น จึงกำหนดให้ไม่มีค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของการขนส่งภายในท้องถิ่น

- ค่าสัมประสิทธิ์ของการปรับสภาพให้เป็นน้ำมัน (Oil Recovery)

Goering and Daugherty (1982) คำนวณโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์พลังงาน 1.34 MJ/kg ของพืชน้ำมัน สำหรับการปรับสภาพให้เป็นน้ำมันโดยเฉพาะการผลิตน้ำมันพืชดิบ

สำหรับขั้นตอนการผลิตน้ำมันพืช เพื่อการบริโภคให้ได้คุณลักษณะตามมาตรฐานควบคุมนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็นส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ การเตรียมวัตถุดิบ การสกัดน้ำมันดิบ การกลั่น – กรองทำให้บริสุทธิ์ **(บริษัทน้ำมันพืชไทย จำกัด (มหาชน), 2538)**

1) การเตรียมวัตถุดิบ (Preparation of Raw Materials)

เนื่องจากน้ำมันพืชเป็นผลิตผลทางการเกษตร ย่อมจะมีสิ่งสกปรกเจือปนมากับวัตถุดิบที่ใช้ป้อนโรงงานอุตสาหกรรม ฉะนั้นในกระบวนการผลิต จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมวัตถุดิบ โดยวิธีการที่เหมาะสมกับพืชน้ำมันแต่ละชนิด เป็นขั้นตอนดังนี้ **(อรอุมา จิ๋วปาน และ อรัญ บุญเกตุ, 2541)**

1. การทำความสะอาด (Cleaning) เป็นการแยกสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนมากับพืชน้ำมัน เช่น เศษพืช เศษดิน และเศษหิน เป็นต้น วิธีการทำความสะอาด ทำได้หลายวิธี เช่น การใช้เครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์

2. การกะเทาะเปลือกออก (Separation of Hull) เป็นการแยกเปลือกของพืชน้ำมันออก ทั้งนี้เพราะเวลาน้ำมันออกจะถูกเปลือกดูดซับน้ำมันได้ และยากต่อการสกัดออกจากเปลือก

3. การทำให้เมล็ดแตก (Cracking) เนื่องจากเมล็ดพืชบางอย่างมีความแข็งมาก จึงต้องใช้เครื่องปั่นให้แตก เช่น ถั่วเหลือง

4. การลดความชื้นในพืชน้ำมัน (Dehulling in Oilseed) เป็นการลดความชื้นที่มีในพืชน้ำมัน เพื่อให้ได้น้ำมันที่บริสุทธิ์มากขึ้น โดยปกติความชื้นในพืชน้ำมันไม่ควรมีค่าเกิน 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เพราะในทางอุตสาหกรรมจะควบคุมความชื้นให้มีค่าเท่านี้ และเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุด โดยในการลดความชื้นนี้ ทำได้โดยการให้ความร้อน (Cooking) ซึ่งจะทำให้ความชื้นในเมล็ดลดลง แล้วยังมีผลทำให้เนื้อเยื่อที่เป็นโปรตีนแตกและตกตะกอน มีผลทำให้ผนังเซลของเมล็ดบางลง ดังนี้น้ำมันจึงสามารถเคลื่อนที่ออกมาจากเซลได้ง่ายขึ้น

5. การทำให้แบน (Flaking)โดยบดด้วยลูกกลิ้งจุดประสงค์เพื่อเพิ่มพื้นผิวหน้าช่วยให้การสกัดดีขึ้น

เมล็ดพืชน้ำมันแต่ละชนิด มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ขั้นตอนในการเตรียมวัตถุดิบย่อมแตกต่างกันออกไป เช่น ถั่วลิสง มะพร้าว หรือเมล็ดงา ไม่ต้องผ่านกระบวนการทำให้แบน ซึ่งอาจทำให้สูญเสียน้ำมันได้

2) การสกัดน้ำมันดิบ (Extraction of Crude Oil)

การสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดพืช มีอยู่ 2 วิธี คือวิธีสกัดด้วยแรงดัน (Pressure Extraction) และวิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction)

1. สกัดด้วยแรงดัน (Pressure Extraction) หรือ การบีบอัด (Pressing)

การบีบอัดโดยใช้ความร้อนเป็นการอัดโดยวิธีธรรมชาติ ใช้กับพืชน้ำมันที่มีปริมาณน้ำมันสูง เช่น มะพร้าว ถั่วลิสง เครื่องมือที่นิยมใช้แบบ Hydraulic Pressure Extractors แต่ส่วนมากนิยมใช้ Screw Type of Expellers มีการกะเทาะเปลือกออกก่อน แล้วเอาแต่เนื้อในมาบีบ แต่ในบางครั้งอาจจะบีบทั้งเปลือก น้ำมันที่ได้ เป็นการอัดโดยใช้หลักการเปลี่ยนปริมาตรของที่เคลื่อนที่ไปตามร่องเกลียว ถ้าน้ำมันมีคุณภาพตามมาตรฐานก็สามารถจำหน่ายได้เลย

ข้อดีในการสกัดแบบบีบอัด

1) ต้นทุนการสกัดต่ำ ใช้เครื่องจักรจำนวนน้อย ใช้เชื้อเพลิงต่ำ

2) ไม่มีกรรมวิธีการผลิตที่ยุ่งยาก ซับซ้อน

3) สามารถทำเป็นอุตสาหกรรมภายในครอบครัว

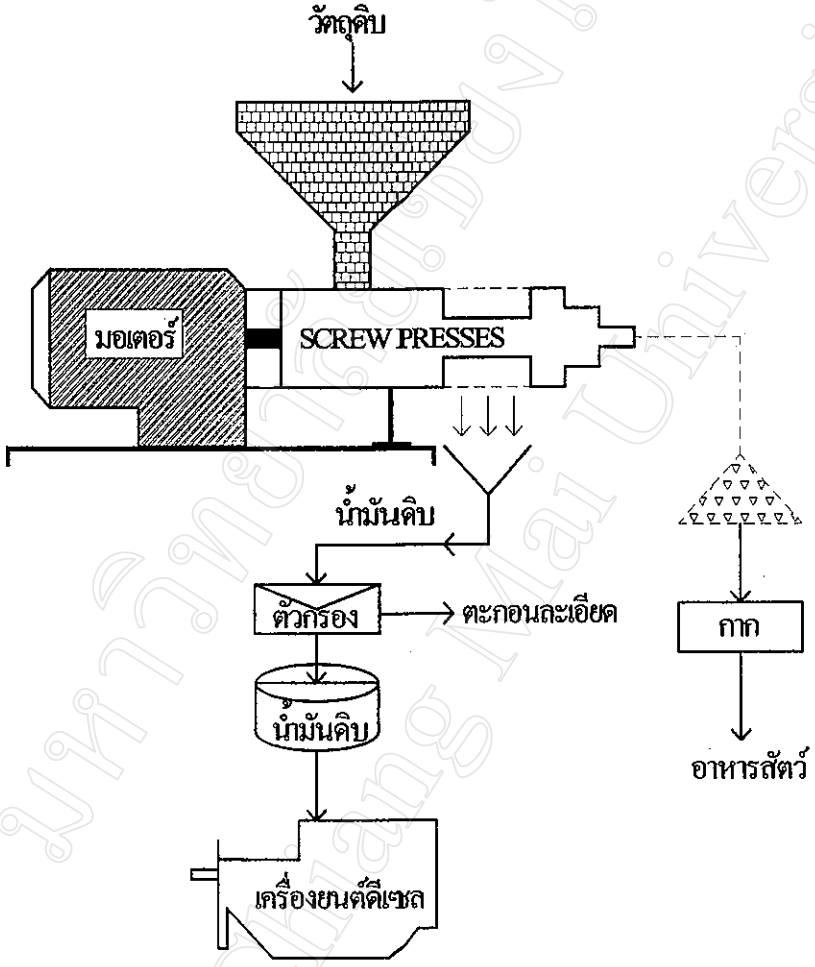
ข้อเสียในการสกัดแบบบีบอัด

1) ปริมาณน้ำมันติดในกากพืชน้ำมันสูง อาจถึง 10 – 15%

2) ปริมาณน้ำมันที่ได้น้อย ไม่สามารถทำการสกัดได้หมด

3) ไม่สามารถสกัดสิ่งเจือปนภายในวัตถุดิบได้หมด ทำให้คุณภาพกากต่ำ มีปริมาณสารโปรตีนต่ำมาก ได้ราคาขายถูกกว่าที่ควรเป็น

4) ไม่สามารถควบคุมคุณภาพน้ำมันได้แน่นอน



รูปที่ 2.6 กระบวนการสกัดน้ำมันแบบบีบอัดด้วยสกรู

จากรูปกระบวนการสกัดน้ำมันด้วยการบีบอัดแบบสกรู พบว่า การสกัดน้ำมันแบบบีบอัดด้วยสกรู ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณน้ำมัน ปริมาณความชื้น และการทำความสะอาดของเมล็ดพืชน้ำมันก่อนการสกัด แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ผลการสกัดน้ำมันแบบบีบอัดด้วยสกรู **(Taby Pressen an Oil Seed Press Machine, 2002)**

พืชน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันในเมล็ดพืช (%)	เมล็ดพืช (กิโลกรัม)	กาก (กิโลกรัม)	น้ำมันที่สกัดได้ (กิโลกรัม)	น้ำมันส่วนที่เหลือ (%)
เมล็ดแรพ	45	100	67	33	15
เมล็ดฝ้าย	40	100	75	25	13
เมล็ดทานตะวัน	52	100	58	42	10
Hemp	24	100	79	21	3
งา	44	100	73	27	17
Jojoba	45	100	60	40	5
ถั่วเหลือง	19	100	90	10	9
มะพร้าว	70	100	54	46	24
ถั่วลิสง	45	100	65	35	10

2. สกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction)

การสกัดน้ำมันพืชโดยใช้สารละลายนี้เป็นกรรมวิธีที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และจะให้ผล (Yield) สูงกว่าวิธีสกัดด้วยแรงดัน ในกรณีของน้ำมัน จะให้ผล 99.0 – 99.5% เพื่อสกัดด้วยตัวทำละลาย แต่กรณีใช้วิธีสกัดด้วยแรงดัน จะให้ผล 95% ตัวทำละลายที่นิยมใช้มากมีปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) กับ อีเทอร์ (Ether) นอกจากนี้ยังมีอะซิโตน (Acetone) เอ็น - เฮกเซน (n - Hexane) ซึ่งมีจุดเดือดอยู่ระหว่าง 66 – 69 °C

การสกัดด้วยตัวทำละลาย อาศัยหลักที่ว่า น้ำมันและไขมันสามารถละลายได้โดยตัวทำละลาย การสกัดวิธีนี้ใช้ตัวทำละลายพ่นใส่วัตถุดิบที่แบน หรือเซลที่เล็กลง แล้วจากนั้นจึงระเหยตัวทำละลายออกได้น้ำมันดิบ ซึ่งต้องไปผ่านวิธีทำให้บริสุทธิ์ต่อไป

ข้อดีในการสกัด โดยใช้ตัวทำละลาย คือ สามารถสกัดน้ำมันออกได้ทั้งหมด เหลือน้ำมันติดกาก ประมาณ 0.5% โรงสกัดน้ำมันพืชขนาดใหญ่ นิยมใช้วิธีการนี้ เพราะได้ผลผลิตมากกว่าและเครื่องจักรสามารถใช้ได้กับพืชหลายชนิด แม้ว่าจะต้องลงทุนซื้อเครื่องจักรในราคาแพง และต้องเสียค่าจ้างผู้ปฏิบัติงานที่มีความชำนาญให้เหมาะสมกับเทคนิคชั้นสูงในการผลิต ก็ยังนับว่าคุ้มค่า เพราะให้ผลตอบแทนสูง ดังรูปที่ 2.7 และ 2.8 แสดงกรรมวิธีในการสกัดน้ำมันพืชดิบและแผนผังสมดุลมวลของเมล็ดพืชน้ำมันจากเมล็ดถั่วเหลือง 1 ตัน

การสกัดน้ำมันพืช โดยใช้วิธีเครื่องบีบ หรือ ตัวทำละลายก็ตาม ในขั้นตอนนี้จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมันดิบ (Crude Oil) ซึ่งยังมีสี กลิ่น รส เศษผง กาก ตลอดจนสารบางอย่างที่ติดมากับเมล็ดพืชตามธรรมชาติเจือปนอยู่ จะต้องผ่านขั้นตอนการทำให้น้ำมันดิบที่ได้นี้บริสุทธิ์อีกขั้นหนึ่ง ดังรูปที่ 1

3) การทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ (Refining)

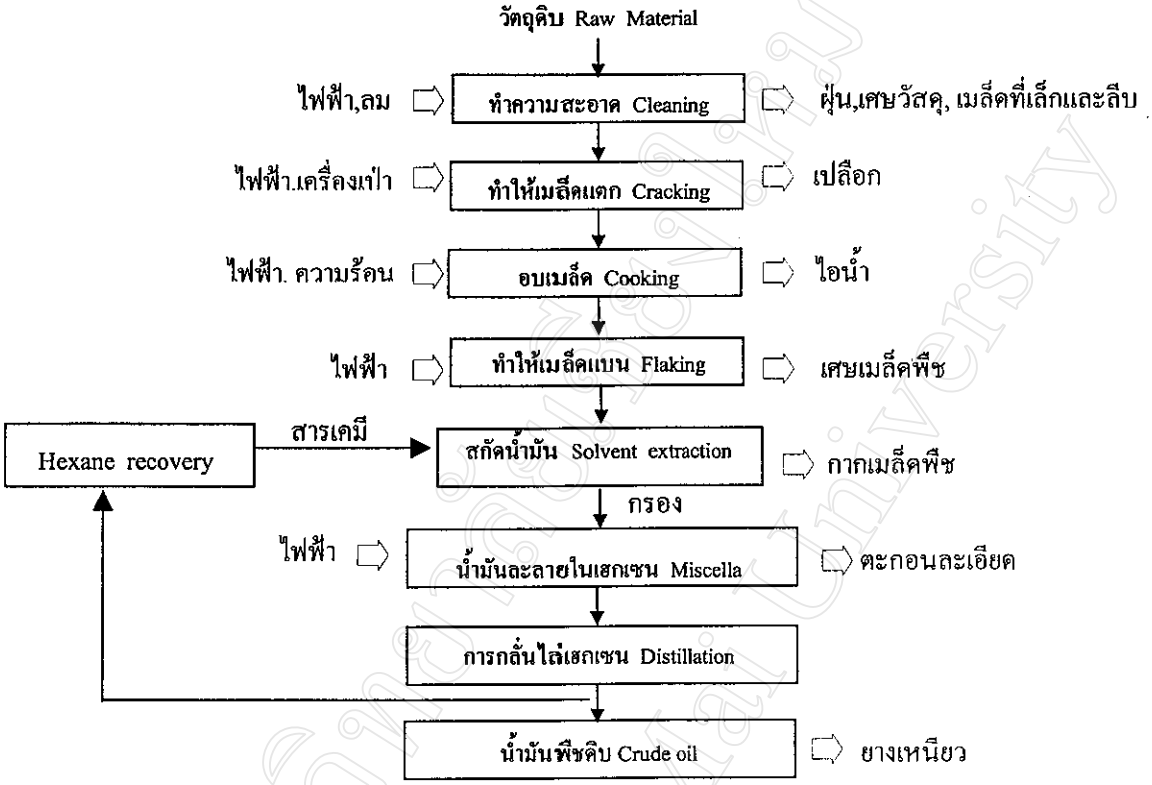
การทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ คือ การกลั่นน้ำมันดิบ โดยวิธีการทางเคมี เพื่อปรับสภาพของน้ำมันให้มีสี กลิ่น เหมาะแก่การบริโภค ซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้ คือ

1. การกำจัดกรดไขมันอิสระ (Naturalization) ด้วยโซดาไฟ (Caustic Soda) ลงไปทำปฏิกิริยากับกรด ได้สบู่แยกออกจากน้ำมัน น้ำมันที่เหลือจะสะอาดไม่มีกรด

2. การทำให้เย็น (Winterlization) เพื่อที่จะให้ไขของน้ำมันตกตะกอน แล้วกรองเอาไขออก

3. การฟอกสี (Bleaching) โดยใช้ผงซักฟอกที่มีกำลังดูดซึมสูง เป็นสารฟอกสี แล้วนำไปกรองด้วยเครื่องกรอง (Filter Press) ให้หมดสี

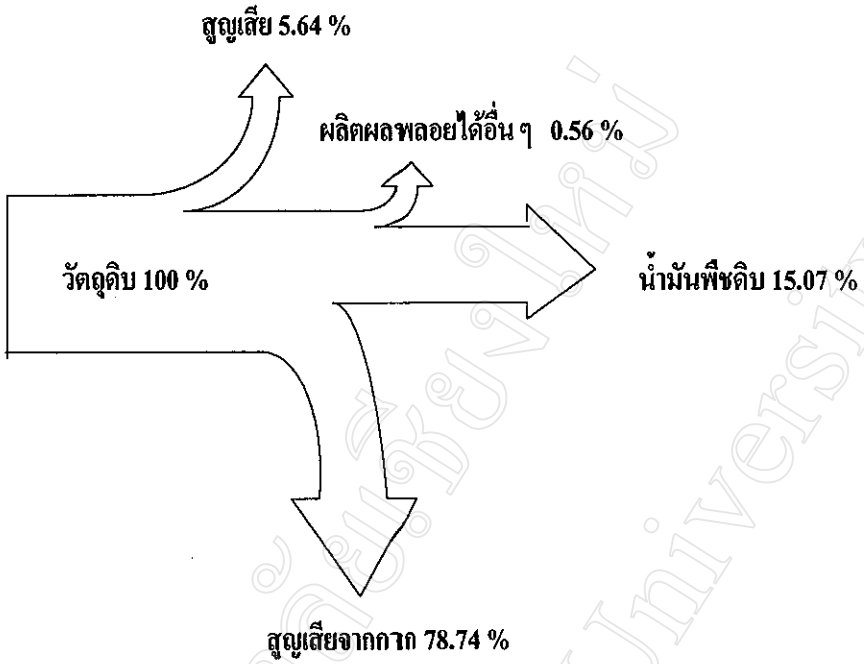
4. การกำจัดกลิ่น (Deodorization) เนื่องจากในกระบวนการผลิตที่ผ่านมา มีปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเกิดขึ้นบ้าง และมีกรดอินทรีย์จากผงซักฟอกสีเจือปนอยู่ น้ำมันมักมีกลิ่นหืน จึงต้องกำจัดออก โดยการให้ความร้อนสูงมาก ประมาณ 200 – 250 °C ภายใต้ความดันสุญญากาศ มีไอน้ำเป็นตัวช่วยให้สารมีกลิ่นทั้งหลายระเหยออกไป จากนั้นจึงลดอุณหภูมิลงและเติมสารพวกกันหืนทำการบรรจุต่อไป



= ตามระดับกระบวนการ

= กระบวนการใช้วัสดุและพลังงาน

รูปที่ 2.7 กรรมวิธีในการสกัดน้ำมันพืชดิบ การใช้วัสดุ และพลังงานในกระบวนการ (บริษัทน้ำมันพืชไทย จำกัด (มหาชน), 2538)



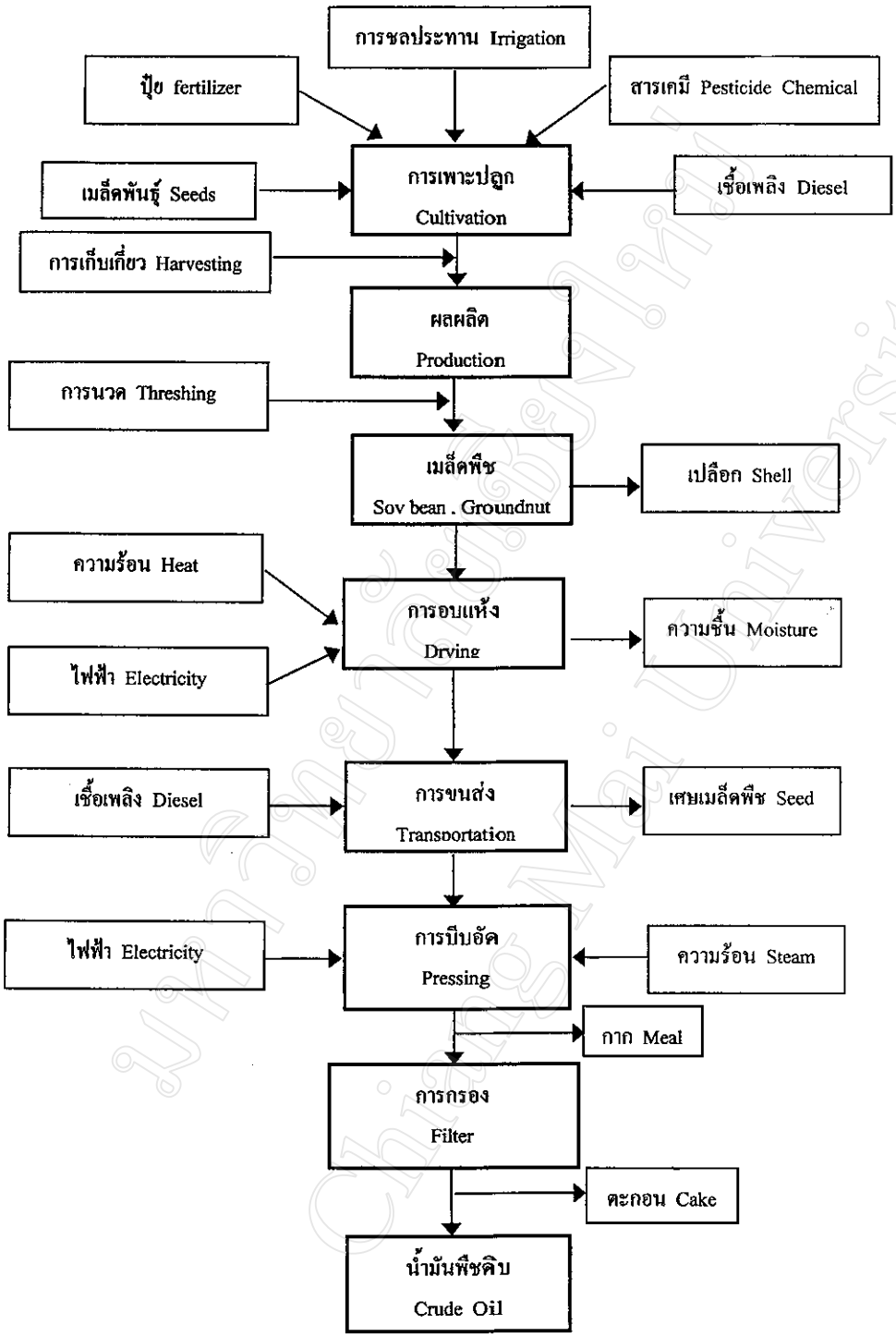
รูปที่ 2.8 แผนผังสมดุลมวลของพืชน้ำมันจากเมล็ดถั่วเหลือง 1 ตัน (Sankey Diagram) (บริษัทน้ำมันพืชไทย จำกัด (มหาชน), 2538)

2.2.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ (อรอุมา จิ๋วปาน และ อรัญ บุญเกตุ, 2541)

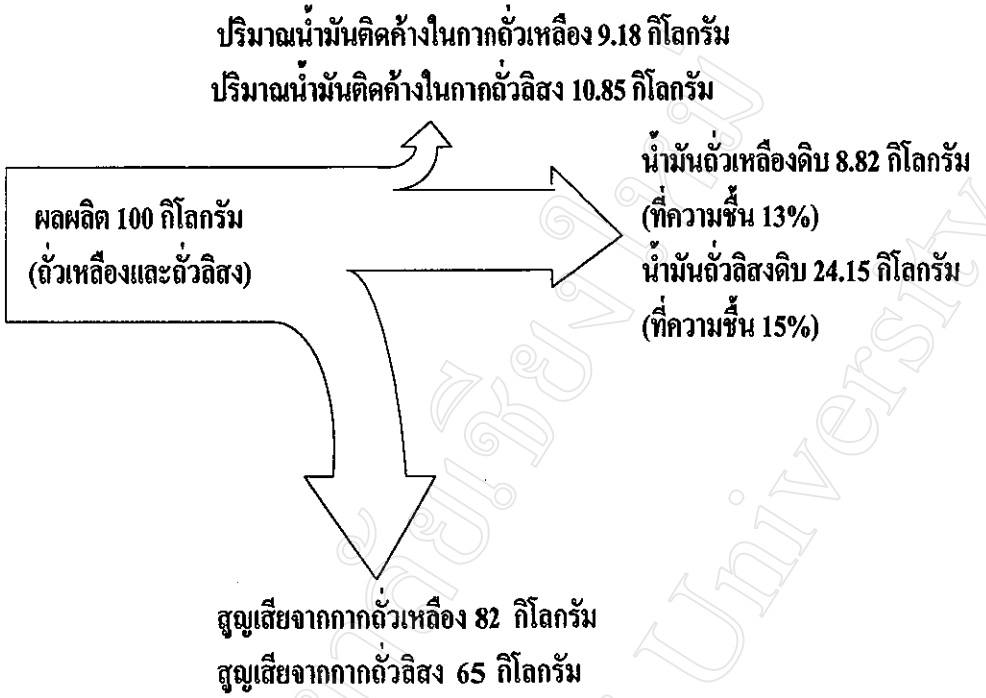
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ จะเปรียบเทียบเป็นประสิทธิภาพการสกัดน้ำมัน (Percent Extraction) ว่า สามารถสกัดน้ำมันดิบออกมาได้เท่าไหร่ จากปริมาณพืชน้ำมันที่เข้ามาในระบบ ดังสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพการสกัด} = \frac{\text{ปริมาณน้ำมันดิบที่สกัดออกมาได้}}{\text{ปริมาณน้ำมันในพืชน้ำมันที่เข้ามาในระบบ}} \quad (2.5)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสกัด} = \frac{\text{ปริมาณน้ำมันดิบที่สกัดออกมาได้}}{\text{ปริมาณวัตถุดิบที่เข้ามาในระบบ}} \quad (2.6)$$



รูปที่ 2.9 แผนผังกระบวนการผลิตพืชน้ำมันและการใช้พลังงานทั้งทางตรงและทางอ้อม (Hovelius and Hansson, 1999)



รูปที่ 2.10 แผนผังสมดุลมวลของระบบการสกัดน้ำมันพืชถั่วเหลืองและถั่วลิสงดิบ (เป็นค่าประมาณที่ได้จากการทดลองกับเครื่องสกัดแบบบีบอัดด้วยสกรู ในภาคผนวก ค)

2.3 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (วารุณี เตีย, 2540)

ในด้านการวิเคราะห์การลงทุนด้านการเงิน มีจุดประสงค์เพื่อต้องการหาว่าโครงการที่ลงทุนนี้มีความเหมาะสมด้านการเงินอย่างไร โดยพิจารณาจากผลตอบแทนการลงทุน และผลการดำเนินโครงการนี้ สามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาเท่าไร โดยทั่วไปเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนการลงทุน

2.3.1 ระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิสะสม จากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าเงินลงทุน ผลที่ได้รับจากการประเมินการลงทุนโดยวิธีนี้ก็คือ จะทำให้ทราบว่าจะได้รับเงินคืนทุนช้าหรือเร็วเท่าใด ถ้าคืนทุนได้เร็วเท่าใดก็จะดีมากขึ้นเท่านั้น เพราะโอกาสเสี่ยงต่อการขาดทุนในอนาคตมีน้อยลง และสามารถนำเงินที่คืนทุนไปลงทุนในกิจการอื่นได้ วิธีระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น (Simple Payback Period) เป็นวิธีที่คิดแบบง่าย ๆ และเป็นที่นิยมใช้ แต่มีข้อเสีย คือ ไม่ได้พิจารณาถึงผลตอบแทนที่ได้รับหลังระยะเวลาคืนทุนแล้ว และไม่พิจารณาการปรับมูลค่าเงินตามเวลาซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

สำหรับในกรณีที่ผลตอบแทน และค่าใช้จ่ายในแต่ละปีมีค่าเท่ากันทุกปี ระยะเวลาคืนทุน หาได้ดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุน}}{\text{กระแสเงินสดสุทธิต่อปี}} \qquad (2.7)$$

โดยที่ กระแสเงินสดสุทธิต่อปี = กระแสเงินสดที่ได้รับต่อปี - กระแสเงินสดที่จ่ายต่อปี (Net Annual Cash Flow)

2.3.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ หมายถึง ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของรายรับ และค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการ ซึ่งหาได้จากการนำค่ากระแสเงินสดสุทธิของแต่ละปีตลอดอายุโครงการมาปรับให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน โดยใช้ค่าอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่ยอมรับได้เป็นอัตราส่วนลดในการปรับมูลค่าเงิน เกณฑ์ในการตัดสินใจที่จะลงทุนหรือไม่ คือ ถ้า NPV มีค่าเป็นบวก ก็น่าสนใจที่จะลงทุน แต่ถ้า NPV มีค่าเป็นลบก็ไม่ควรจะลงทุน วิธีนี้คำนวณหาได้ง่าย ดังสมการต่อไปนี้

$$NPV = \sum_{n=1}^{N} \frac{NCF_n}{(1+i)^n} - TIC \qquad (2.8)$$

หรือ $$NPV = \sum_{n=0}^{N} \frac{R_n - C_n}{(1+i)^n} = \sum_{n=0}^{N} \frac{NCF_n}{(1+i)^n} \qquad (2.9)$$

เมื่อ TIC = เงินลงทุนทั้งหมด, (บาท)

NCF_n = กระแสเงินสดสุทธิในปีที่ n, (บาท/ปี)

i = อัตราส่วนลด

R_n = ผลตอบแทนที่ได้รับ ณ ปีที่ n

C_n = ค่าใช้จ่ายทั้งหมด ณ ปีที่ n

N = Economic Life, ปี

2.3.3 อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR)

อัตราผลตอบแทนการลงทุน หมายถึง อัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนจากการลงทุนเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายจากการลงทุนวิธีการหาอัตราผลตอบแทนการลงทุนนี้ เป็นการหาโดยใช้วิธีการลองผิดลองถูก โดยหาอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่ได้รับเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่จ่าย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ หาอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิในการลงทุน (Net Present Value) เท่ากับศูนย์ หรือเข้าใกล้ศูนย์ ค่าอัตราส่วนลดที่หาได้ดังนี้ คือ ค่า IRR

เกณฑ์ในการตัดสินใจคือถ้า IRR มีค่ามากกว่าอัตราขั้นต่ำของผลตอบแทนที่ยอมรับได้ก็คุ้มค่าที่จะลงทุนอย่างไรก็ดี ถึงแม้ว่า IRR จะเป็นเกณฑ์การตัดสินใจที่ดี และเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป แต่ก็มีจุดอ่อนคือ อาจจะมีค่าของอัตราส่วนลดมากกว่าหนึ่งค่าที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันเป็นสุทธิเป็นศูนย์ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้กับโครงการที่ผลตอบแทนสุทธิเปลี่ยนจากบวกเป็นลบ

IRR คือ i ที่ทำให้ NPV (I) ~ 0

จากสมการที่ 2 ถ้าให้เท่ากับ 0 จะได้

$$NPV = \sum_{n=1}^{N} \frac{NCF_n}{(1+i)^n} - TIC = 0 \qquad (2.10)$$

$$TIC = \sum_{n=1}^{N} \frac{NCF_n}{(1+i)^n} \qquad (2.11)$$

เมื่อ TIC = เงินลงทุนทั้งหมด, (บาท)

NCF_n = กระแสเงินสดสุทธิในปีที่ n, (บาท/ปี)

i = อัตราส่วนลด

N = Economic Life, ปี

2.3.4 ค่าเสื่อมราคา (Depreciation)

ค่าเสื่อมราคา หมายถึง มูลค่าที่ลดลงของทรัพย์สินของสินค้าประเภททุน (Capital Goods) ต่าง ๆ เช่น เครื่องจักรเครื่องหนึ่ง เมื่อใช้งานไปแล้ว 1 ปี จะมีราคาคงเหลือต่ำกว่าราคาเครื่องจักรใหม่เมื่อแรกซื้อ ดังนั้นมูลค่าที่ลด คือ ค่าเสื่อมราคาเนื่องจากที่ได้ใช้เครื่องจักรนั้นไปแล้ว 1 ปี โดยทั่วไปทรัพย์สินประเภททุนจะจ่ายไปทั้งหมดในช่วงต้นของโครงการ ฉะนั้นในการคิดภาษีเงินได้และกำไรในแต่ละปีในทางบัญชี จึงคิดว่าค่าเสื่อมราคาเป็นค่าใช้จ่ายในแต่ละปี ค่าเสื่อมราคานี้จะมีผลต่อการคิดภาษีเงินได้ การคิดค่าเสื่อมราคา มีหลายวิธี เช่น

- ค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง (Straight Line Depreciation)
- ค่าเสื่อมราคาแบบลดส่วน (Declining Balance Depreciation)
- ค่าเสื่อมแบบผลบวกตัวเลข (Sum of the Year's Digits Depreciation)

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล (ภรณี เจริญภักตร์, 2537)

การเก็บข้อมูล จะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

2.4.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการเกษตรใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง การสุ่มตัวอย่างแบบนี้ เริ่มด้วยการแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มๆ เสียก่อน แล้วเลือกแต่เพียงบางกลุ่มเป็นตัวอย่าง โดยอาจจะใช้ประชากรทั้งหมดในกลุ่มนั้น หรือเลือกแต่เพียงบางส่วนของประชากรในกลุ่มที่ถูกเลือกมาเป็นตัวอย่าง

2.4.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เก็บข้อมูลจากเอกสารรายงานการศึกษาของหน่วยงานต่าง ๆ เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร เกษตรจังหวัด สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ความเชื่อถือของข้อมูลประเภทนี้ ขึ้นอยู่กับความถูกต้องของเอกสารเดิมที่มีอยู่

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้จากข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมินั้นจะนำมาวิเคราะห์ โดยการแจกแจงความถี่ และร้อยละ เพราะจากตัวเลขสถิติที่เก็บรวบรวมมาได้ ควรที่จะนำมาแจงนับหรือจัดให้อยู่เป็นหมู่พวก เพื่อให้ผู้อ่านได้เห็นภาพข้อมูลที่ชัดเจน

การวัดค่ากลางของข้อมูล เป็นตัวแทนของข้อมูลที่เราสามารถนำไปใช้ในการสรุปเรื่องราว เกี่ยวกับข้อมูล ซึ่งจะใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตในการหาค่ากลางของข้อมูล

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{N} \qquad (2.12)$$

เมื่อ $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum_{i=1}^{n} x_i$ = ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N = จำนวนข้อมูล

สถิติที่สำคัญที่ใช้ในการวัดการ กระจายของตัวอย่างสุ่มคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อวัดการกระจายของข้อมูล โดยพิจารณาความแตกต่างระหว่างค่าสังเกต และค่าเฉลี่ยเลขคณิตของตัวอย่างนั้น การวัดการกระจายโดยใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานนี้เป็นที่นิยมกันมากเพราะเป็นค่าที่แสดงความกระจายของข้อมูลทุก ๆ ข้อมูล ถ้าข้อมูลใดมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด

แสดงว่าข้อมูลชุดนั้นเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เพราะเป็นสิ่งที่แสดงว่าข้อมูลชุดนั้นส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย (ค่าแนวกลาง) ซึ่งจะทำให้ข้อมูลชุดนั้นมีคุณสมบัติใกล้เคียงกันและมีสูตร ดังนี้

ก. กรณีที่ข้อมูลไม่จัดกลุ่ม

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k} (x_i - \bar{x})^2}{n}} \qquad (2.13)$$

เมื่อ SD = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

k = ลำดับชั้นของข้อมูล

x_i = ข้อมูลลำดับที่ i

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ข. กรณีที่ข้อมูลจัดกลุ่ม

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k} f_i (x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^{k} f_i}} \qquad (2.14)$$

เมื่อ SD = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

k = ลำดับชั้นของข้อมูล

x_i = ข้อมูลลำดับที่ i

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

f_i = ความถี่ของชั้นที่ i

สำหรับการหาขนาดตัวอย่างว่า จำนวนเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองและถั่วลิสง ควรจะเลือกขนาดตัวอย่างสักเท่าไหร่ ดังนั้นในทางสถิติ สูตรที่ใช้ในการเลือกขนาดตัวอย่างที่ใช้เป็นตัวแทน คือ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ก. ในกรณีที่คุ้นเคยกับกลุ่มประชากร

$$n \leq (Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{d})^2 \qquad (2.15)$$

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่างที่สุ่ม

$1 - \alpha$ = ช่วงความเชื่อมั่น

σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

d = ค่าความคลาดเคลื่อน

ข. ในกรณีที่ไม่คุ้นเคยกับกลุ่มประชากร หรือไม่ทราบค่า σ

$$n = P(1-P)\left[\frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}}{d}\right]^2 \qquad (2.16)$$

เมื่อ P = สัดส่วนตัวอย่างประชากร

ตารางที่ 2.4 ขนาดตัวอย่างมากพอที่จะใช้เป็นตัวแทนได้ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากประชากรทั้งหมด **(กรมส่งเสริมการเกษตร, 2538)**

จำนวนประชากร	ร้อยละของขนาดตัวอย่าง
น้อยกว่า 50	80
น้อยกว่า 100	มากกว่า 50 แต่ น้อยกว่า 80
100 – 999	25
1,000 – 9,999	10
มากกว่า 10,000	1

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University