

## อิทธิพลของความดันและอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการสกัดเย็นน้ำมันงา

### The Effects of Pressure and Temperature on Cold-Pressed Sesame-Oil Recovery Yield

ธนพล เจริญศรี นพพล อมรพิศาล นฤดล อนุชิต และปฐมศก วิลไลพล \*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Thanaphon Charoensri, Noppon Amonpisan, Narurdon Anuchit and Patomsok Wilaipon \*

Mechanical Engineering Department, Engineering Faculty, Naresuan University

Tapoh Sub district, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

\* ผู้รับผิดชอบบทความ: patomsok@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 0-5596-4230

#### บทคัดย่อ

น้ำมันงาสกัดเย็นเป็นการแปรรูปงาโดยคงคุณค่าต่างๆ ไม่ให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากความร้อนระหว่างกระบวนการผลิต งานวิจัยหลายชิ้นได้ใช้เครื่องสกัดน้ำมันชนิดเกลียวอัด ตลอดจนมีการศึกษาการอัดเพื่อสกัดน้ำมันด้วยความดันต่ำกว่า 20 MPa ในการวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของความดัน (20-60 MPa) และอุณหภูมิ (40-60°C) ในกระบวนการผลิตต่อเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการสกัดน้ำมันด้วยวิธีเชิงกลด้วยกระบอกอัด เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำมันในเมล็ดงา โดยใช้ระยะเวลาในการกดอัดเท่ากับ 10 นาทีต่อตัวอย่าง พบว่ามีค่าสูงสุด สำหรับการกดอัดที่ความดัน 60 MPa และอุณหภูมิ 40°C จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์พหุคูณถดถอยเพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรพบว่าความดัน อุณหภูมิ และอิทธิพลร่วมระหว่างสองตัวแปร มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์การสกัดน้ำมันงาอย่างมีนัยสำคัญ

**คำสำคัญ** งาดำ น้ำมันงา สกัดเย็น

#### Abstract

The cold pressed sesame-oil process is able to preserve all the valuable vitamins and nutrients available in sesame seeds. Several studies have been carried out with a screw press under-20-MPa of pressure and its effects on oil extraction have been researched. The aim of this research was to investigate the effects of the various pressures (ranging from 20-60 MPa) and temperatures (ranging from 40-60°C) on sesame oil yield recovery by using this mechanical pressing process. The pressing time was set at 10 minutes for all experimental conditions. It was found that the highest value of oil yield recovery was at the 60 MPa and 40°C. When the multiple regression analysis was carried out, the results showed that the pressure, temperature and interaction between these two factors had significant effects on sesame oil recovery yield.

**Keywords:** sesame, sesame oil, cold pressed.

#### 1. บทนำ

งาเป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มความสำคัญมากขึ้นทุกปี เนื่องจากงาเป็นพืชที่มีศักยภาพในการผลิตและการตลาดสูง เป็นพืชไร่ชนิดพืชน้ำมันที่สามารถปลูกเสริมรายได้ให้แก่เกษตรกรหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชหลัก เนื่องจากลงทุนต่ำใช้เวลาปลูกสั้น และทนแล้งได้ดีมีตลาดกว้างขวางราคาขายต่ำสุด และสูงสุดในช่วงหลายปีที่ผ่านมาพบว่ามีราคาอยู่ระหว่าง 90-100 บาทต่อกิโลกรัม งามถูกใช้

เป็นอาหารเพื่อสุขภาพเนื่องจากเมล็ดงาดำมีประโยชน์ และมีคุณค่าทางด้านโภชนาการสูงอย่างมาก เมล็ดงามีน้ำมันที่เรียกว่าน้ำมันงา ซึ่งมีประมาณ 40 – 55% เป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายของคนเรามาก คือ มีกรดไขมันโอเมก้า 6 และโอเมก้า 3 ซึ่งเป็นกรดไขมันที่ร่างกายสร้างเองไม่ได้ ต้องรับประทานเข้าไป วิตามินอี ตลอดจนมีสารต้านทานอนุมูลอิสระในปริมาณที่สูงไม่มีกลิ่นหืนง่ายสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่นอาหารอาหารเสริม และเครื่องสำอาง

การสกัดน้ำมันพืชสามารถทำได้หลายวิธี ในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จะใช้การสกัดด้วยตัวทำละลายเพื่อผลิตน้ำมันพืช สำหรับใช้เป็นส่วนประกอบอาหารบริโภค

อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตดังกล่าวจะมีขั้นตอนที่ใช้ อุณหภูมิสูงระหว่างการผลิตทำให้สารอาหารโดยเฉพาะ วิตามินอีถูกทำลายไป การสกัดเย็นด้วยวิธีเชิงกลเป็นวิธีหนึ่ง ซึ่งสามารถสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดพืชได้โดยวิธีเชิงกล และ ควบคุมอุณหภูมิทุกขั้นตอนระหว่างกระบวนการให้มีอุณหภูมิ ไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถรักษาคุณภาพ สารอาหาร และวิตามินในน้ำมันที่สกัดได้ สามารถเพิ่มมูลค่า ของวัตถุดิบได้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันสกัดด้วยตัวทำ ละลาย ตัวอย่างของพืชน้ำมันที่นำมาสกัดเย็นได้แก่ รำข้าว [1], เมล็ดพืชทอง [2], เมล็ดคองุ่น [3], และน้ำมันงา [4-6] อย่างไรก็ตามการสกัดด้วยวิธีเชิงกลดังกล่าวมีประสิทธิภาพใน การสกัดน้อยกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย ส่งผลให้มีปริมาณ น้ำมันหลงเหลือในกากเมล็ดพืชหลังจากกระบวนการสกัดเย็น การวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและ ความดันในกระบวนการสกัดเย็นน้ำมันงา ที่ส่งผลต่ออัตรา ผลผลิตน้ำมันดังกล่าว

## 2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

การบีบอัดเพื่อสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดพืช มีการใช้งาน มาเป็นระยะเวลาอันยาวนานแล้ว ทั้งการใช้เกลียวอัดและระบบ ไฮดรอลิกในการสกัดน้ำมัน ส่วนการสกัดน้ำมันพืชในระดับ อุตสาหกรรมนิยมใช้การสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยการให้ตัว ทำละลายซึมผ่านเมล็ดพืชที่ผ่านการลดขนาดแล้ว จากนั้น นำไปแยกตัวทำละลายออกจากน้ำมันด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การกลั่นแยก หรือการระเหยที่ความดันต่ำ เมื่อพิจารณาจาก ปัจจัยด้านอุณหภูมิในการผลิต ในขณะที่การสกัดด้วยวิธี เชิงกลสามารถแบ่งออกได้เป็น การสกัดร้อน และการสกัดเย็น โดยพิจารณาจากอุณหภูมิในการผลิตที่สูงและต่ำกว่า 60 °C การบีบอัดทั้งสองวิธีเป็นการเพิ่มแรงกดที่กระทำต่อเมล็ดพืช ทำให้ผนังเซลล์ของเมล็ดแตกออกเพื่อสกัดแยกน้ำมันออกจก กากส่วนที่เหลือโดยไม่ใช้สารเคมีหรือตัวทำละลาย น้ำมันที่ได้ จากการบีบอัดน้ำมันที่อุณหภูมิต่ำหรือการสกัดเย็น พบว่ามี คุณภาพดีและคงสภาพเช่นเดียวกับน้ำมันในเมล็ดพืชทั้งด้าน รสสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการ

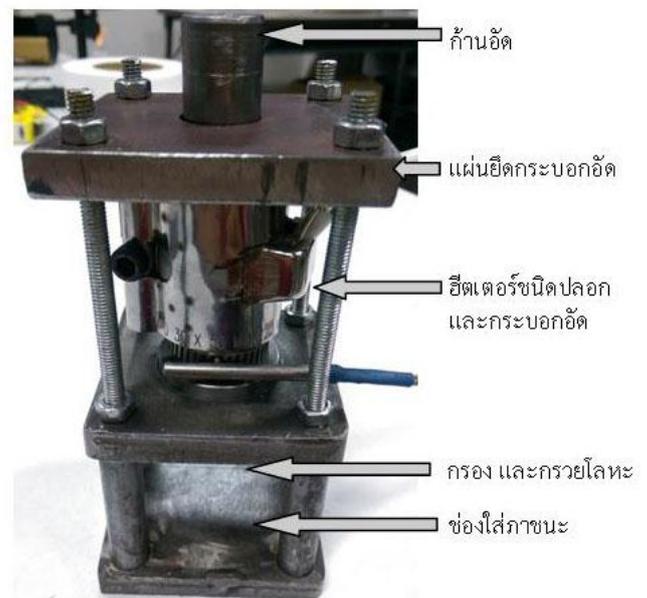
### 2.1 อุปกรณ์และวัตถุดิบ

งาดำที่ใช้ในการทดลองเป็นงาดำดิบ ซึ่งไม่ผ่านการคั่ว จากจังหวัดพิษณุโลก เก็บไว้ในถุงพลาสติกซีลจนกระทั่งนำมา ทดสอบ โดยจัดเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิระหว่าง 23-30 °C ทำการ จัดสร้างชุดอุปกรณ์อัดพร้อมกรองโดยประกอบด้วยกระบอก อัดทำจากเหล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 20 mm เส้นผ่าน ศูนย์กลางภายนอก 30mm สูง 70 mm รูระบายน้ำมัน ด้านล่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 mm จำนวน 13 รู ฐาน ตั้งและแผ่นล๊อคกระบอกหนา 10 mm ขาดัง 4 ต้น แต่ละต้น เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm ชั้นล๊อคอุปกรณ์ด้วยโบลท์ และนัทขนาด M6 ลูกสูบทำจากเหล็กมีขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลาง 20 mm และบากรองสำหรับใส่ยางโอริง 2 ร่อง โดยใช้โอริงเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 19 mm หนา 2.5 mm มีขดลวดความร้อนชนิดรีดทอขนาด 220V 150W มีลักษณะ เป็นวงแหวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 mm สูง 50 mm เพื่อให้ความร้อนแก่กระบอกอัด ดังรูปที่ 1 ใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K เพื่อวัดอุณหภูมิ และควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์ โดยใช้โซลิดสเตทรีเลย์ร่วมกับกล่องควบคุมอุณหภูมิ (PID Temperature Controller; MaxWell, MTB series) ใช้ตุ้ มร้อน Memmert: Model 600 สำหรับการอบแห้งเพื่อหา ค่าความชื้น และเครื่อง universal testing machine (Housfield: H50KS) เพื่อเป็นต้นกำลังในการอัดสกัดน้ำมัน

### 2.2 การวิเคราะห์ความชื้นและน้ำมันในเมล็ดงา

การวิเคราะห์หาความชื้นเริ่มต้นในเมล็ดงา อ้างอิงจาก กระบวนการใน ASAE 352.1 จากนั้นทำการวิเคราะห์หา ปริมาณน้ำมันในเมล็ดงาดำโดยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย เพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันด้วย วิธีอื่นๆ โดยใช้เทคนิคการสกัดแบบชอกท์เลท และใช้เฮกเซน ( $C_6H_{14}$ ) เป็นตัวทำละลาย ใช้อุณหภูมิ 70 °C หลอเย็นด้วยน้ำ อุณหภูมิ 25 °C โดยการทดลองแต่ละครั้งใช้เจงาดำบดจำนวน 30 กรัม เฮกเซน 350 มิลลิลิตร ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และใช้ เวลาในการสกัดครั้งละ 5 ชั่วโมง นำน้ำมันที่ได้ไปคืดร้อยละ ของน้ำมันที่สกัดได้ (oil yield) ซึ่งคำนวณได้จากน้ำหนักของ น้ำมันงาที่สกัดได้ด้วยวิธีเชิงกลหารด้วยน้ำหนักของเมล็ดงาดำ ที่ใช้ และแปลงเป็นค่าเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 1 ชุดสกัดน้ำมันงาด้วยวิธีเชิงกลพร้อมควบคุมอุณหภูมิ

### 2.3 การสกัดน้ำมันงาโดยใช้ชุดกระบอกอัด

การทดลองจะใช้เครื่อง UTM เพื่อเป็นต้นกำลังสำหรับ ชุดกระบอกอัดเพื่อการสกัดเย็น โดยในการสกัดเย็นน้ำมันงา

ด้า จะใช้เมล็ดงาด้าครั้งละ 10 กรัมบรรจุลงในกระบอกอัด ทำการประกอบเครื่องในลอน ลูกสูบอัด ขดลวดความร้อนชนิดรีดท่อ เทอร์โมคัปเปิล ทำการตั้งค่าความเร็วในการอัดของเครื่อง UTM เป็นสองระดับความเร็ว โดยเริ่มต้นที่ 1 mm/min จนความดันมีค่าประมาณ 90% ของความดันที่ตั้งไว้แล้วลดความเร็วในการอัดเป็น 0.2 mm/min จนถึงค่าความดันที่กำหนด โดยหยุดค้างการเคลื่อนที่ของลูกสูบ UTM เป็นเวลา 10 นาที แล้ววัดปริมาณน้ำมันงาสกัดเย็นที่ได้จากกระบวนการ ซึ่งแต่ละสภาวะการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยกำหนดค่าความดันในการอัด 3 ระดับ ได้แก่ 20 40 และ 60 MPa และควบคุมอุณหภูมิระหว่างกระบวนการ 3 ระดับ ได้แก่ 40 50 และ 60°C โดยร้อยละของน้ำมันที่ได้จากการสกัด คำนวณเช่นเดียวกับการหาปริมาณน้ำมันในเมล็ดงาด้า ในขณะที่ประสิทธิภาพของการสกัดเป็นการคำนวณเปรียบเทียบระหว่างร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้จากการสกัดโดยใช้ชุดกระบอกอัด-ลูกสูบ เทียบกับร้อยละของน้ำมันที่มีในเมล็ดงาด้าซึ่งใช้วิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย

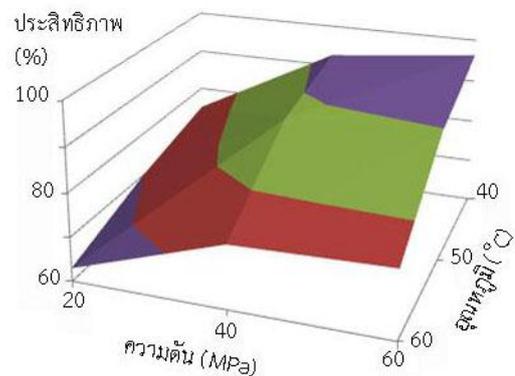
### 3. ผลการวิจัยและอภิปราย

#### 3.1 อิทธิพลของความดันและอุณหภูมิ

งาด้าที่ใช้ในการทดลองมีค่าความชื้นเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ เท่ากับ 6.10% และพบว่าผลการศึกษากการสกัดน้ำมันงาด้าด้วยการกดอัดเชิงกล โดยใช้ความดันในช่วง 20-60 MPa โดยเพิ่มค่าครั้งละ 20 MPa และใช้อุณหภูมิขณะทำการกดอัดที่ 40-60°C ทำการทดลอง 3 ซ้ำ มีค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการสกัดน้ำมันเปรียบเทียบับปริมาณน้ำมันที่มีในเมล็ดงาด้าที่มีค่าสูงสุดเท่ากับ 97.04% ณ สภาวะความดัน 60 MPa และอุณหภูมิ 40°C ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการสกัดน้ำมันต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 60.40% ณ สภาวะความดัน 20 MPa และอุณหภูมิ 60°C

เพื่อเป็นการตรวจสอบให้ชัดเจนว่าตัวแปรใดมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการสกัดน้ำมัน เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำมันที่มีในเมล็ดงาด้า สำหรับกระบวนการสกัดด้วยการกดอัดเชิงกล จึงได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA พบว่าตัวแปรความดัน อุณหภูมิ และอิทธิพลร่วมระหว่างสองตัวแปรมีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการสกัดน้ำมันเปรียบเทียบับปริมาณน้ำมันในเมล็ด ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 จากรูปที่ 2 ซึ่งแสดงถึงอิทธิพลของความดัน และอุณหภูมิที่ใช้ในการกดอัดเพื่อสกัดน้ำมันด้วยวิธีเชิงกล ต่อเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการสกัดน้ำมันแสดงให้เห็นว่าเมื่อความดันมีค่าเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการสกัดน้ำมันมีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยสอดคล้องกับงานวิจัยในอดีต [7-8] ซึ่งระบุว่าอัตราการสกัดได้น้ำมันมีค่าสูงเมื่อความดันกดอัดมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่แนวโน้มของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการ

สกัดน้ำมันเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำมันในเมล็ดงาด้าพบว่าประสิทธิภาพการบีบสกัดน้ำมันมีค่าสูงกว่าเมื่ออุณหภูมิต่ำ และเมื่ออุณหภูมิมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการสกัดน้ำมันมีค่าใกล้เคียงกัน โดยแนวโน้มดังกล่าวมีความแตกต่างจากผลการวิจัยในอดีต [7] ซึ่งระบุว่าอุณหภูมิในช่วง 60-80°C ไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันที่บีบสกัดได้ โดยอาจมีสาเหตุจากช่วงอุณหภูมิที่ทำการศึกษามีค่าแตกต่างกันและวัตถุดิบที่ใช้เป็นคนละชนิดกัน ดังนั้นจากผลการทดลองในช่วงความดันและอุณหภูมิที่ทำการศึกษพบว่าความดันเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญที่สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับอิทธิพลจากอุณหภูมิในกระบวนการอัด เนื่องจากช่วงอุณหภูมิที่ทำการศึกษาเป็นช่วงแคบเพราะข้อจำกัดเกี่ยวกับอุณหภูมิของการสกัดเย็นเพื่อรักษาคุณภาพของน้ำมันงาด้า จึงส่งผลน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอิทธิพลของความดันในกระบวนการ



รูปที่ 2 อิทธิพลของความดัน และอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันงาด้า

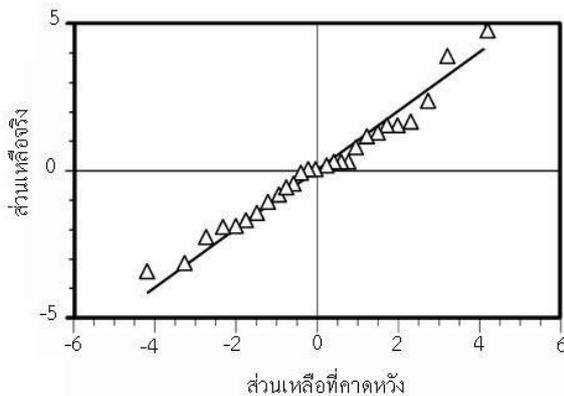
#### 3.2 การวิเคราะห์การถดถอยพหุเชิงซ้อน

สมการความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการสกัดเย็นน้ำมันจากงาด้าเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดในวัตถุดิบ (YE: %) กับอุณหภูมิ (T: °C) และความดันในการอัด (P: MPa) ในช่วงอุณหภูมิและความดันที่ทำการศึกษา ถูกสร้างจากการวิเคราะห์การถดถอยพหุเชิงซ้อน โดยใช้ข้อมูลจากผลการทดลอง พบว่ามีความสัมพันธ์ดังสมการด้านล่าง

$$YE = 2.144T + 2.279P - 0.01TP - 0.016P^2 - 0.026T^2 \quad (1)$$

จากการวิเคราะห์รูปแบบสมการความสัมพันธ์ทั้งรูปแบบสมการเส้นตรง สมการพหุนามกำลังสอง ตลอดจนสมการพหุนามกำลังสาม พบว่าสมการพหุนามกำลังสองมีความเหมาะสมในการสร้างความสมการความสัมพันธ์ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของเกี่ยวกับการสกัดน้ำมันด้วยวิธีเชิงกลของคณะนักวิจัยจากประเทศเนเธอร์แลนด์และอินโดนีเซีย [9] สมการความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการสกัดเย็นน้ำมันจากงาด้าในการศึกษาครั้งนี้ ทดสอบนัยสำคัญของค่าคงที่ใน

สมการพบว่ามีความน่าจะเป็นที่จะตัดพารามิเตอร์ในสมการน้อยกว่า 0.0001 ยกเว้นพารามิเตอร์ของอิทธิพลร่วมอุณหภูมิและความดันซึ่งมีความน่าจะเป็น 0.001 และพบว่าสมการที่นำเสนอมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับแก้ ( $Ra^2$ ) มีค่าเท่ากับ 0.9703 และ 0.9649 ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงความเหมาะสมของแบบจำลอง และจากแผนภาพการกระจายตัวปกติระหว่างส่วนเหลือจริงและค่าที่ควรจะเป็นหากมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังรูปที่ 3 พบว่ามีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.983 ซึ่งแสดงถึงการกระจายตัวปกติ



รูปที่ 3 แผนภาพการกระจายตัวปกติระหว่างส่วนเหลือจริงและค่าที่คาดหวังของสมการความสัมพันธ์

#### 4. บทสรุป

การสกัดน้ำมันงาด้วยวิธีการสกัดเย็นแบบเชิงกล พบว่าความดัน อุณหภูมิ ตลอดจนอิทธิพลร่วมระหว่างสองปัจจัย มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการสกัดน้ำมันเทียบกับปริมาณน้ำมันในเมล็ดงา และมีค่าเปอร์เซ็นต์สูงที่สุดในการศึกษานี้ เกินกว่า 97% สำหรับความดันและอุณหภูมิเท่ากับ 60 MPa และ 40°C ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์พหุคูณระหว่างตัวแปรทั้งหมดที่ศึกษา พบว่าสมการที่นำเสนอมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับแก้ เท่ากับ 0.9703 และ 0.9649 ตามลำดับ

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

#### 6. เอกสารอ้างอิง

[1] Nandi, I. and Ghosh, M. (2015). Studies on functional and antioxidant property of dietary fibre extracted from defatted sesame husk, rice bran and flaxseed. *Bioact Carbohydr Dietary Fibre*, vol.5, pp. 129-136.

- [2] Rabrenovic, BB., Dimic, EB., Novakovic, MM., Tesevic, VV., and Basic, ZN. (2014). The most important bioactive components of cold pressed oil from different pumpkin (*Cucurbitapeop L*) seed. *LWT Food Sci Technol*, vol.55, pp. 521-527.
- [3] Rombaut, N., Savoie, R., Thomasset, B., Castello, J., Hecke, EV., and Lanoiselle, JL. (2015). Optimization of oil yield and oil total phenolic content during grape seed cold screw pressing. *Ind Crops Prod*, Vol.63, pp. 26-33.
- [4] Chotivisarut, N., Kumwan, R., and Geesai, S. (2006). *Sesame oil cold extraction machine*. Rajamangala Univ Tech Lanna. Research Report, Thailand
- [5] Techarungpaisan, P. and Pongrat, A. (2006). Sesame oil separator. *KKU Eng J*, vol.33(5), pp. 565-576. Thai.
- [6] Ajibola, O., Owolarafe, K., Fasinaand, O., and Adeeko, A. (1992). Expression of oil from sesame seeds. *Can Agr Eng*, vol. 35(1), pp. 83-88.
- [7] Santoso, H. and Iryanto, M. (2014). Effects of temperature, pressure, preheating time and pressing time on rubber seed oil extraction using hydraulic press. *Procedia Chem*, vol.9, pp.248-256.
- [8] Willems, P., Kuipers, NJM. and Haan, AB. (2008) Hydraulic pressing of oilseeds: experiment determination and modeling of yield and pressing rates. *J Food Eng*, vol.89, pp. 8-16.
- [9] Subroto, E., Manurung, R., Heeres, J., and Broekhuis, A. (2015). Optimization of mechanical oil extraction from *Jatropha curcas L* kernel using response surface method. *Ind Crops Prod*, vol.63, pp.294-302.