

<http://journal.rmutp.ac.th/>

## การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันตะไคร้หอมจากเครื่องกลั่น ด้วยการออกแบบการทดลอง

เจษฎา วิเศษมณี\* และ อภิรักษ์ ชัดวิลาส

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
41/1 ถนนพหลโยธิน ตำบลมีนบุรี อำเภอเมือง จังหวัดตึก 63000

รับบทความ 1 สิงหาคม 2016; ตอรับบทความ 9 พฤศจิกายน 2016

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการกลั่น ส่วนต่างๆ ของตะไคร้ และขนาดการสับของตะไคร้ซึ่งส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันตะไคร้ที่ได้ โดยการทดลองได้แบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองแรก เป็นการศึกษาปัจจัยในการกลั่นโดยกำหนดปัจจัยควบคุม 3 ตัว คือ 1) อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง คือ 105 องศาเซลเซียส และ 110 องศาเซลเซียส 2) ส่วนต่างๆ ของตะไคร้ (ใบและต้น) 3) ขนาดของตะไคร้ (1-2 เซนติเมตร และ 15-20 เซนติเมตร) โดยใช้วิธีการสับ การออกแบบการทดลองใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ  $2^k$  ส่วนการทดลองที่สอง เป็นการนำปัจจัยควบคุมที่เหมาะสมซึ่งได้จากการทดลองแรกมาทดสอบซ้ำอีก 3 ครั้ง เพื่อหาปริมาณของน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดลองที่ 1 พบว่า ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อปริมาณของการกลั่นน้ำมันหอมระเหย คือ ส่วนของตะไคร้ที่ใช้ และขนาดในการสับ ในส่วนของการทดลองที่ 2 พบว่าเมื่อนำตัวแปรที่เหมาะสมซึ่งได้จากการทดลองที่ 1 มาทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่มีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันหอมระเหย 30.36 มิลลิลิตร

**คำสำคัญ :** ตะไคร้; การกลั่น; น้ำมันหอมระเหย; การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ  $2^k$

\* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +668 7500 0054, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: anh\_tong2525@hotmail.com

<http://journal.rmutp.ac.th/>

## Analysis of Factors Affecting the Volume of Lemongrass Oil from Distiller by Experimental Design

Jedsada Visedmanee\* and Aphirak Khadwilard

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak  
41/1 Paholayothin Road, Mai Ngam, Muang, Tak, 63000

---

*Received 1 August 2016; accepted 9 November 2016*

### Abstract

The purposes of this research were to investigate the factors consisted of a temperature, different parts of the lemongrass and a size of chopped lemongrass that affected to distillation of lemongrass essential oils. There are two experiments in this work. The first experiment investigated the factors by defining 1) temperature at 105 °C and 110 °C 2) different parts of the lemongrass (Leaves and trunk) and 3) sizes of chopped lemongrass at 1-2 cm and 15-20 cm, respectively. 2<sup>k</sup> Factorial designs method was used for this experiment. In the second experiment, the appropriate parameters from experiment 1 were used for 3 replicates to find an average of lemongrass essential oils. The results of first experimental analysis showed that the appropriate parameters were temperature, parts of the lemongrass and sizes of chopped lemongrass at 110 °C, leaves and 1-2 cm, respectively. For the result of experiment 2, it was found that the average of lemongrass essential oils was 30.36 ml.

**Keywords :** Lemongrass; Distillation; Essential Oils; 2<sup>k</sup> Factorial Designs

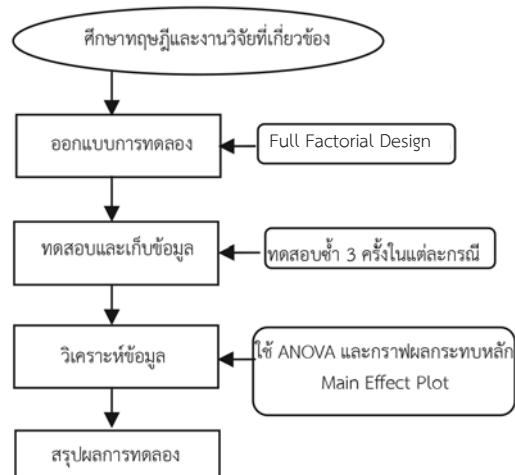
## 1. บทนำ

ตะไคร้เป็นสมุนไพรที่น่าสนใจอีกทั้งสามารถหาได้ง่ายและมีราคาถูกซึ่งสามารถพบเจอในแทบทุกครัวเรือนของไทย โดยสรรพคุณของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ (Lemongrass Oil) นั้นนอกจากจะใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อให้เกิดกลิ่นหอมช่วยให้รู้สึกสดชื่นผ่อนคลายแล้ว ยังมีสรรพคุณที่โดดเด่น ในการช่วยบำบัดอาการหวัด ช่วยบรรเทาอาการแมลงสัตว์กัดต่อย ป้องกันการติดเชื้อและกระจายตัวของเชื้อโรค ทั้งยังช่วยรักษาโรคผิวหนังได้หลายชนิด นอกจากนี้ยังใช้สำหรับป้องกันและไล่แมลงอีกด้วย [1] โดยสรรพคุณมากมายที่กล่าวมา รวมถึงทิศทางการความต้องการในท้องตลาดที่สูงอย่างต่อเนื่องทำให้ตะไคร้มีความน่าสนใจในการศึกษาเพื่อหาค่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่ส่งผลต่อปริมาณของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ วิธีหนึ่งที่ยอมรับกันกันอย่างแพร่หลายโดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ คือ การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยงานวิจัยที่ผ่านมา อาทิเช่น K. Wanrop และคณะ [2] ใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณผงมันสำปะหลัง ของเครื่องบดอาหารสัตว์ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่าค่าระดับปัจจัยมีผลต่อปริมาณผงมันสำปะหลัง P. Kananath และคณะ [3] ทำการศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของปัจจัยที่ใช้ในกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จโดยวิธีการทดลองเชิงแฟกทอเรียล จากผลจากการวิเคราะห์พบว่าสามารถลดต้นทุนและความแข็งแรงของคอนกรีตยังอยู่ในมาตรฐาน B. Paramet และคณะ [4] ทำการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพในอุตสาหกรรมการกักขังรูปแม่พิมพ์ด้วย การออกแบบการทดลองแบบ  $2^k$  แฟกทอเรียล O.Thanandorn และคณะ [5] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการบีบน้ำมันจากเมล็ดพืชด้วยเครื่องบีบน้ำมันแบบเกลียวคู่โดยการออกแบบการทดลองด้วยการออกแบบการทดลองแบบ  $3^k$  แฟกทอเรียล

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การออกแบบการทดลองสามารถประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตรวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพให้กับผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมายจึงมีแนวคิดที่จะนำวิธีการออกแบบการทดลองมาประยุกต์ใช้กับการกลั่นน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ โดยจากงานวิจัยต่างๆ ที่ผ่านมายังไม่มีการบ่งชี้ที่ชัดเจนเกี่ยวกับผลกระทบหลักที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ โดยการใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบ  $2^k$  แฟกทอเรียล ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและหาตัวแปรต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของคุณสมบัติ ขนาดในการสับ เพื่อเตรียมตะไคร้ รวมทั้งส่วนประกอบต่างๆ ของตะไคร้ที่ส่งผลต่อปริมาณของน้ำมันหอมระเหยที่ผลิตได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่อไปในอนาคต

## 2. วิธีการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การออกแบบการทดลอง การทดสอบและเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง แสดงดังในรูปที่ 1

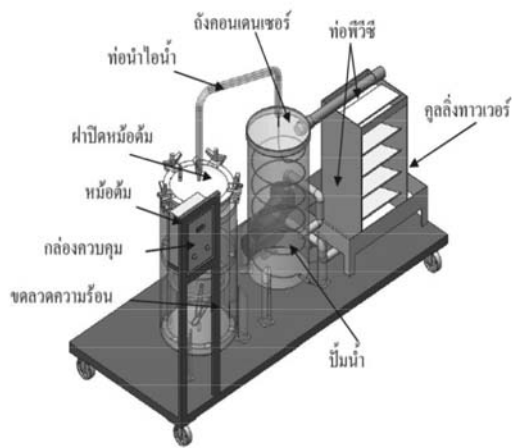


รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการ

## 2.1 เงื่อนไขการออกแบบการทดลอง

ในการทดลองนี้ใช้เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้สดในรูปแบบที่ 2 โดยกำหนดเงื่อนไขการทดลองดังนี้

2.1.1 การทดลองแบ่งเป็น 2 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาตัวแปรควบคุมและการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วย โปรแกรมการวิเคราะห์ทางสถิติ (MiniTab Program)



รูปที่ 2 โครงสร้างเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย

การทดลองที่ 2 ประกอบด้วยการศึกษาปริมาณน้ำมันหอมระเหยโดยนำตัวแปรควบคุมมาทดลองซ้ำมีรายละเอียดดังนี้

2.1.2 ใช้ส่วนต้นและใบของตะไคร้มาใช้ในการทดลอง

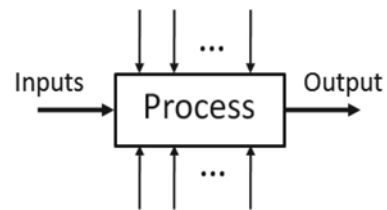
2.1.3 นำส่วนต้นและใบของตะไคร้มาสับละเอียด 1-2 เซนติเมตร และการสับหยาบ 15-20 เซนติเมตร

2.1.4 ควบคุมอุณหภูมิในการกลั่นที่ 105 และ 110 องศาเซลเซียส

2.1.5 การทดลองแต่ละครั้งทำซ้ำ 3 ซ้ำ

## 2.2 การออกแบบการทดลอง [6]

การทดลอง (Experiment) เปรียบได้กับการทดสอบ (Test) หรืออาจจะนิยามการทดลองได้ว่าเป็นการทดสอบหรือชุดการทดสอบที่มีการเปลี่ยนแปลงกับตัวแปรขาเข้า (Input Variable) ของกระบวนการหรือระบบ เพื่อการสังเกตหรือบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นกับผลคำตอบขาออก (Output Response) ได้



รูปที่ 3 แบบโดยทั่วไปของกระบวนการหรือระบบ

เมื่อพิจารณาแบบจำลองในรูป 3 พบว่ามีตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระบบอยู่สองแบบ คือ ตัวแปรในประเภท  $x_1, x_2, \dots, x_p$  ซึ่งเป็นตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ และตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้  $z_1, z_2, \dots, z_p$  ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการทดลองก็อาจจะเกี่ยวข้องกัน

- 1) หาตัวแปรที่มีผลมากที่สุดต่อค่าเอาต์พุต  $y$
- 2) หาวิธีการกำหนดค่าของตัวแปร  $x$  ที่จะส่งผลให้เอาต์พุต  $y$  มีค่าตามที่ต้องการ
- 3) หาวิธีการกำหนดค่าของตัวแปร  $x$  ที่จะส่งผลให้เอาต์พุต  $y$  มีค่าที่ดีที่สุด

4) หาวิธีการกำหนดค่าของตัวแปร  $x$  ที่จะช่วยให้การทดลองนั้น ได้รับผลกระทบจากค่าของตัวแปร ที่ไม่สามารถควบคุมได้  $z_1, z_2, \dots, z_p$  น้อยที่สุดด้วยเหตุนี้เอง ในการวางแผนและดำเนินการทดลองใดๆ นั้น จำเป็นจะต้องมีการเลือกใช้ กลยุทธ์ของการทดลอง (Strategy of Experimentation) ให้เหมาะสม ยกตัวอย่างเช่น การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล

(Factorial Design) ซึ่งเป็นวิธีการที่ดีและได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หากการทดลองที่กำลังศึกษาอยู่มีปัจจัย (Factor) ที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไปแล้ว ในกรณีเช่นนี้พบว่า การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลจะเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดซึ่งกลยุทธ์ของการทดลองนี้มีอยู่มากมายหลายรูปแบบ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะกลยุทธ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เท่านั้น ได้แก่

ก) การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Designs) ในทางปฏิบัติการทดลองส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการศึกษาถึงผลของปัจจัย (Factor) ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ซึ่งในกรณีเช่นนี้การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลจะเป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลหมายถึง การทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น ตัวอย่างเช่น กรณีที่มี 2 ปัจจัย คือ ปัจจัย A และ B ถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ดังนั้นในการทดลอง 1 เพลทิกेट (Replicate คือ การทำซ้ำ) จะประกอบด้วย การทดลองรวมปัจจัยทั้งหมด ab การทดลอง และเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล จะกล่าวถึงว่าปัจจัยเหล่านี้มีการไขว้ (Crossed) ซึ่งกันและกันในการทดลองจะมีผลกระทบของปัจจัย คือ ผลกระทบหลัก (Main Effect) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลตอบสนองที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยนั้นๆ และในบางการทดลองอาจจะพบว่าการมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ต่อกันระหว่างปัจจัย หมายถึง ผลตอบสนองที่เกิดขึ้นในระดับต่างๆ ของปัจจัยหนึ่งจะมีค่าไม่เท่ากันที่ระดับอื่นๆ ทั้งหมดของปัจจัยอื่น หรืออีกนัยหนึ่ง คือ ผลตอบสนองของปัจจัยหนึ่งจะขึ้นกับระดับของปัจจัยอื่นๆ นั่นเอง

ข) การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ ( $2^k$  Factorial Designs) การออกแบบ

เชิงแฟกทอเรียลแบบ  $2^k$  คือ การออกแบบในกรณีที่มีปัจจัย k ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ และใน 2 ระดับนี้จะแทนระดับ “สูง” หรือ “ต่ำ” ของปัจจัยหนึ่งๆ การทดลองใน 1 เพลทิกेटที่สมบูรณ์สำหรับการออกแบบเช่นนี้จะประกอบด้วยข้อมูลทั้งสิ้น  $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$  ข้อมูลการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ  $2^k$  ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเพื่อกรองปัจจัยที่มีอยู่จำนวนมากให้เหลือน้อยลง ซึ่งมีประโยชน์มากต่องานทดลองในช่วงเริ่มแรกเมื่อมีปัจจัยจำนวนมากที่ผู้วิจัยต้องการที่จะตรวจสอบซึ่งการออกแบบเช่นนี้จะทำให้เกิดการทดลองจำนวนน้อยที่สุดที่สามารถจะทำได้ เพื่อศึกษาถึงผลของปัจจัยทั้ง k ชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

งานวิจัยเป็นงานที่ต้องค้นหาคำตอบโดยวิธีการที่น่าเชื่อถือ ดังนั้นสถิติที่นำมาวิเคราะห์เพื่อแปรผลนั้นจะต้องแม่นยำน่าเชื่อถือด้วยเช่นเดียวกัน จึงจะทำให้ผลของงานวิจัยน่าเชื่อถือ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้หลักการดังนี้ 1) การตรวจสอบสมมติฐาน คือ ขั้นตอนในการตรวจสอบคำตอบที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้าว่าจะตรง กับคำตอบที่ได้จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาหรือไม่ การสมมติฐานที่ใช้กันอยู่ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ก) สมมติฐานในการวิจัย (Research Hypothesis) หรือ สมมติฐานเชิงพรรณนา (Descriptive Hypothesis) เป็นสมมติฐานที่ผู้วิจัยเขียนในเชิงพรรณนา หรือเขียนให้อยู่ในรูปของข้อความภาษาที่ใช้สื่อในการอธิบาย ข) สมมติฐานทางสถิติ (Statistical Hypothesis) เป็นสมมติฐานที่เขียนเป็นสัญลักษณ์ทางสถิติแทนคำอธิบายหรือคำพูด เพื่อให้สามารถทดสอบด้วยวิธีการทางสถิติได้สมมติฐานทางสถิติ 2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance (ANOVA) ) การวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยทั่วไปจะใช้เพื่อวิเคราะห์ผลจากการทดลองเชิงแฟกทอเรียล ตัวอย่างเช่น การ

ทดลองเชิงแฟกทอเรียลในกรณีที่มีปัจจัยที่จะทำการศึกษาคือ 2 ปัจจัย คือ A และ B โดยปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ซึ่งทั้งหมดนี้ถูกจัดให้อยู่ในรูปของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล นั่นคือ ในแต่ละเรพลิเคตของการทดลองจะประกอบด้วย การทดลองร่วมปัจจัยทั้งหมด ab การทดลอง โดยปกติจะมีเรพลิเคตทั้งหมด n ครั้ง รูปแบบทั่วไปของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยและมีการทำซ้ำทั้งหมด n ครั้ง วิธีการทดสอบจะทำโดยอาศัยตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งโดยทั่วไปตาราง ANOVA จะประกอบด้วย แหล่งความแปรปรวน (Source of variation), ผลรวมกำลังสอง [Sum of square (SS)], องศาแห่งความอิสระ [Degrees of freedom (DF)], ค่าเฉลี่ยกำลังสอง [Mean squares (MS)] และ ค่า F (F value)

### 3. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น และระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการกลั่น ในการออกแบบการทดลองครั้งนี้ ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ  $2^k$  โดยปัจจัยและระดับปัจจัยที่ทำการศึกษามีประกอบด้วย ส่วนที่ใช้ ขนาดการสับ และอุณหภูมิในการกลั่น การกำหนดระดับปัจจัยแสดงดัง ตารางที่ 1 จากการกำหนดระดับปัจจัยโดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ  $2^k$  แฟกทอเรียล [7] นั้น การทดลองจึงเป็น  $2^3 = 8$  การทดลอง

ตารางที่ 1 ตัวแปรและระดับในการทดลอง

ปัจจัย	ระดับปัจจัย	ค่าระดับปัจจัย	
		(-1)	(+1)
ส่วนที่ใช้	2	ใบ	ต้น
ขนาด	2	1-2 cm	15-20 cm
อุณหภูมิ	2	105 °C	110 °C

ในการกลั่นแต่ละครั้งจะใช้ปริมาณตะไคร้ 8 กิโลกรัม สำหรับการทดลองนี้จะทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง โดยการสุ่มลำดับ ดังนั้นจึงต้องทำการทดลอง  $8 \times 3 = 24$  การทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การออกแบบและผลการทดลอง

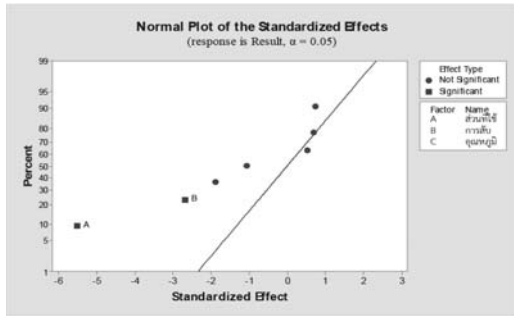
กรณีที่ใช้	ส่วนที่ใช้	ขนาด	อุณหภูมิ	ครั้ง	ครั้ง	ครั้ง
				ที่ 1	ที่ 2	ที่ 3
				(ml)	(ml)	(ml)
1	+1	-1	+1	25	17.4	19.7
2	-1	-1	+1	27.7	31	28.4
3	-1	+1	+1	22.5	30	29.3
4	-1	+1	-1	20.5	27	24.1
5	+1	-1	-1	24	23	23.7
6	+1	+1	-1	19	16.1	17.5
7	-1	-1	-1	25	26.3	26.8
8	+1	+1	+1	19	12.5	21.5

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันตะไคร้ตามหลักสถิติด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบ  $2^k$  แฟกทอเรียล สามารถวิเคราะห์เป็น 3 ประเด็นหลักได้ดังนี้

#### 3.1 อุณหภูมิ

ในการทดลองจะใช้วิธีการกลั่นแบบใช้น้ำ (Water and Steam Distillation) การกลั่นโดยวิธีนี้จะใช้น้ำร้อนตัวไหลผ่านพืชหรือตัวอย่างที่จะกลั่น จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้จะเริ่มกลั่นตัวออกมาที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส [8] ดังนั้น อุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษาทดลองในครั้งนี้จึงได้กำหนดอุณหภูมิ 2 ระดับ คือ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส และ 110 องศาเซลเซียส โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติในส่วนของอุณหภูมิมีค่า P-Value เท่ากับ 0.461 ซึ่งสูงกว่า 0.05 จึงกล่าวได้ว่าอุณหภูมิของการทดลองในช่วงที่กำหนดไม่มีความแตกต่างที่มีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น

ร้อยละ 95 ดังแสดงในกราฟ Normal Probability Plot รูปที่ 4 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตารางที่ 3



รูปที่ 4 กราฟ Normal Probability Plot

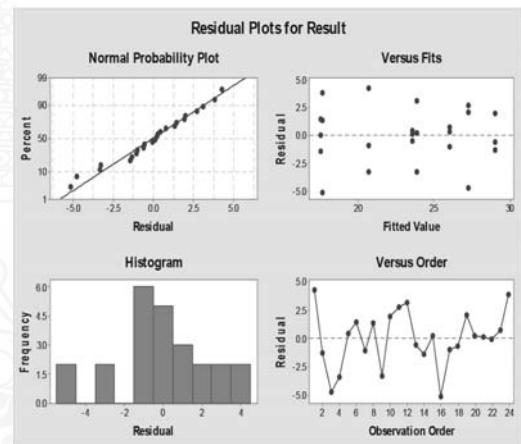
ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	384.452	54.922	6.21	0.001
Linear	3	336.418	112.139	12.67	0.000
Part	1	268.002	268.002	30.29	0.000
Size	1	63.375	63.375	7.16	0.017
Temp	1	5.042	5.042	0.57	0.461
2-Way Interactions	3	45.498	15.166	1.71	0.204
Part*Size	1	9.882	9.882	1.12	0.306
Part*Temp	1	31.282	31.282	3.53	0.078
Size*Temp	1	4.335	4.335	0.49	0.494
3-Way Interactions	1	2.535	2.535	0.29	0.600
Part*Size*Tempe	1	2.535	2.535	0.29	0.600
Error	16	141.587	8.849		
Total	23	526.038			

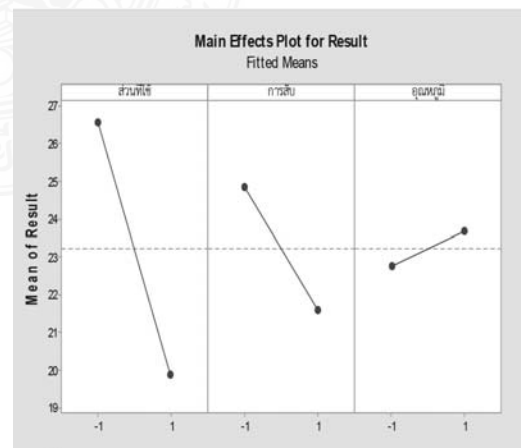
### 3.2 ส่วนต่างๆ ของตะไคร้ และขนาดการสับ

จากการทดลองพบว่า ส่วนของใบตะไคร้ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่มากกว่าส่วนของลำต้น เนื่องจากปริมาณน้ำมันหอมระเหยจำนวนมากจะอยู่

ในเซลล์ของใบ [1] โดยเมื่อวิเคราะห์กราฟส่วนตกค้างของปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากการทดลองพบว่า Normal Probability Plot มีจุดบนกราฟเรียงตัวเป็นลักษณะเส้นตรงแสดงว่าค่าเศษเหลือ (Residual) มีการกระจายแบบปกติ Histogram มีการกระจายแบบปกติ Versus Fits มีลักษณะกราฟกระจายแบบสุ่มสม่ำเสมอรอบค่าศูนย์ Versus Order มีลักษณะกราฟที่ไม่แสดงแนวโน้มหรือรูปแบบใดๆ ของข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟวิเคราะห์ส่วนตกค้าง



รูปที่ 6 ผลกระทบต่อปัจจัยหลักของการทดลอง

แสดงว่าการสรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้นเป็นไปอย่างมีเหตุมีผลทางสถิติเมื่อนำผลการทดลองทั้งหมดไปวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยโปรแกรมทางสถิติพบว่า ค่าของส่วนของตะไคร้ที่ใช้มีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ขนาดการสับมีค่า P-Value เท่ากับ 0.015 ซึ่งมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ในส่วนของการสับ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า การกำหนดระดับปัจจัยที่ต่างกันของส่วนที่ใช้ และขนาดในการสับของตะไคร้ มีผลกระทบต่อปริมาณการกลั่นดังแสดงในรูปที่ 5 กล่าวคือขนาดของการสับแบบละเอียดที่ขนาด 1-2 เซนติเมตร จะให้ปริมาณน้ำมันที่มากกว่าการสับแบบหยาบที่ขนาด 15-20 เซนติเมตร เนื่องจากการสับแบบละเอียดจะทำให้ไอน้ำสามารถแทรกซึมผ่านผิวของตะไคร้ได้ดีส่งผลให้สามารถดึงน้ำมันหอมระเหยออกมาได้มากกว่าแบบสับหยาบ

ดังนั้นการกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด จึงทำการพิจารณาจากกราฟผลกระทบหลักดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่า ปัจจัยส่วนที่ใช้คือใบ ปัจจัยขนาดในการสับคือ สับละเอียด ส่งผลให้ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด ดังนั้นจึงใช้ส่วนใบตะไคร้และการสับขนาด 1 เซนติเมตร ในการทดสอบยืนยันผล โดยในส่วนของอุณหภูมิที่กำหนดทั้ง 2 ค่าไม่ส่งผลต่อปัจจัยหลักมากนัก จึงเลือกใช้ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อประหยัดพลังงานในการกลั่น

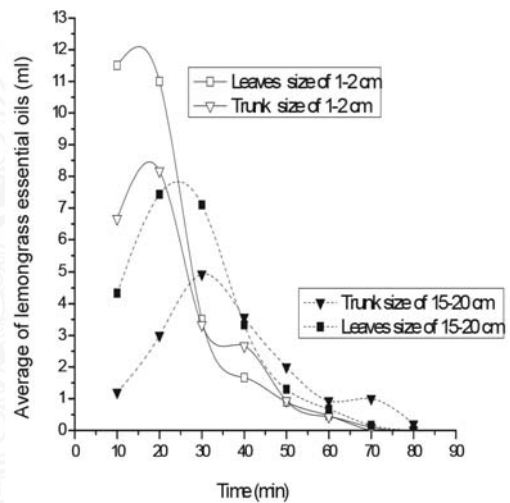
หลังจากนั้นได้นำระดับปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ไปทำการทดสอบหาปริมาณน้ำมันหอมระเหยซ้ำอีก 3 ครั้ง เพื่อหาปริมาณการกลั่นน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย จากผลการทดลองพบว่า ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย 30.36 มิลลิลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ส่วนที่ใช้	ขนาด (cm)	อุณหภูมิ (°C)	ครั้งที่ 1 (ml)	ครั้งที่ 2 (ml)	ครั้งที่ 3 (ml)	ค่าเฉลี่ย (ml)
ใบ	1	105	29.3	31	30.8	30.36

### 3.3 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการกลั่น

ในส่วนของระยะเวลาที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย แสดงให้เห็นว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมในการกลั่นควรอยู่ที่ไม่เกิน 60 นาที โดยปริมาณน้ำมันสามารถกลั่นตัวได้มากในช่วง 20-30 นาทีแรก หลังจากนั้นปริมาณน้ำมันจะค่อยๆ ลดลงตามเวลา จนถึง นาทีที่ 60 ปริมาณน้ำมันที่กลั่นได้จะลดลงมาก ซึ่งไม่คุ้มค่ากับพลังงานที่ใช้ในการกลั่น ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่น



#### 4. สรุป

จากการทดลองหาปัจจัยของการกลั่นที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ด้วยวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ  $2^k$  ซึ่งได้กำหนดปัจจัยประกอบด้วยส่วนที่ใช้ (ต้นและใบตะไคร้) ขนาดของการสับ (1-2, 15-20 เซนติเมตร) และอุณหภูมิในการกลั่น (105-110 องศาเซลเซียส) ผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ส่วนที่ใช้และขนาดของการสับมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยมีค่า P-value 0.00 และ 0.017 ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิในการกลั่น (ในช่วงของการทดลองที่กำหนด 105-110 องศาเซลเซียส) ไม่มีค่านัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่า P-value 0.461 และเมื่อพิจารณาผลจากกราฟผลกระทบหลักเพื่อยืนยันผลการทดลองจึงได้ทำการกำหนดปัจจัยในการทดลองซ้ำ คือ ใช้ส่วนของใบที่ขนาดการสับ 1 เซนติเมตร และใช้อุณหภูมิในการกลั่นที่ 105 องศาเซลเซียส จากการทดลองซ้ำอีก 3 ครั้ง ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย คือ 30.36 มิลลิลิตร ต่อตะไคร้ 8 กิโลกรัม ในส่วนของระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการกลั่นไม่ควรเกิน 60 นาที เนื่องจากปริมาณน้ำมันที่ได้ค่อนข้างน้อยและไม่คุ้มค่ากับพลังงานที่ใช้ในการกลั่น

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ต้องขอขอบคุณ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดตาก ที่สนับสนุนสถานที่ในการทดลอง

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Suratwadee, Central Laboratory and Greenhouse Complex, Research and Development Institute, Kasetsart University, 2003.
- [2] K. Wanrop, T. Piyanat and S. Supan, "Analysis the Factors that Effect of Cassava Powder of Feed Crusher by Using Response Surface Methodology (RSM)," Journal of Industrial Technology Ubon Ratchathani Rajabhat University, vol. 3, no. 6, pp. 86-93, 2013.
- [3] P. Kananath and W. Teeradej, "Study of Optimal Proportion of Factors in Concrete Ready Mixed Process using Factorial Experiment," The Journal of KMUTNB, vol. 21, no. 2, pp. 313-320, 2011.
- [4] B. Paramet and S. Charnnarong, "Quality Development and Improvement in Mold Making Industry with Designed Experiments," KRU Research Journal (GS), vol. 13, no. 2, pp. 42-53, 2013.
- [5] O. Thanandom, M. Chalit and J. Kunlachart, "A Study of Effective Factor on Vegetable Oil Pressing with Twin Screw Press Machine by Using Design of Experiment Technique," in Proceeding of IE Network Conference, Chonburi, Thailand, 2013, pp. 16-18.
- [6] K. Yud, Statistics for Research, Bangkok: Bangkok Learning Center Publisher, 2003.
- [7] D. C. Montgomery, Design and Analysis of Experiments, 5th ed. New York: Wiley and Sons, 2001.
- [8] P. Gitipong, K. Niwet and S. Suppaluk, *Essential Oil Distiller from Lemon grass*, Department of Mechanical Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Tak, 2009.