# ผลของอุณหภูมิอากาศต่อจลนศาสตร์ของการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมัน (*Camelia Oleifera*) และคุณภาพน้ำมันเมล็ดชา

# Effect of Air Temperature on Drying Kinetics of *Camelia Oleifera* Seed and Quality of Tea Seed Oil

*เชาว์ อินทร์ประสิทธิ์[1*]และ บวร แสงสุวรรณ[2]*

***Chouw Inprasit[1*] and Boworn Sangsuwan[2]***

**ABSTRACT**

The purpose of this research was to study the drying model and the influence of the drying temperature on the quality of *Camellia oleifera* seed oil. Unhulled *C. Oleifera* seed was dried from the initial moisture of 15.18 ± 0.35% until 7 ± 1% (w.b.) by solar and hot air drying at different temperatures(50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 and 120 ºC). The experiment was divided into 2 sections which are (1) the developing of the drying mathematical model and (2) the study of the influences of the drying temperature on the yield (%) and quality of *C. oleifera* seed oil. In the first part, Page's model was the most precise model for prediction. The longest and shortest drying times were 7 hours at 50 ºC and 1 hour at 120 ºC, respectively. According to the second experiment, the yield of *C. oleifera* oil extracted using solvents (33.77 to 34.86 %) was higher than the one extracted using a single screw press machine (26.43 to 28.88 %). The color values of oil from color measurement using the Lovibond colorimeter were not different while the total color difference ($\Delta E$) calculated from the results obtained from the spectrophotometer were between 0.26 to 0.58. The acid value (AV) and peroxide value (PV) of oil, were 2.02 to 2.36 mgKOH/g and4.02 to 4.55 mEq/kg respectively. The percentage of fatty acids omega 3, 6 and 9 were in a range of 0.196 to 0.264, 8.533 to 7.738 and 72.63 to 73.54, respectively. The results revealed that the drying temperatures did not affect the qualities (color, AV, PV, omega 3, 6 and 9) of *C. oleifera* seed extraction.

**Keywords:** tea seed, tea seed drying, thin layer drying, drying equation

---

[1*] ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

[*]Corresponding author: Tel.034-351897, Fax..034-351404, E-mail address: fengchi@ku.ac.th

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาสมการอบแห้งแบบชั้นบาง และ ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งที่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำมันเมล็ดชาโดยการลดความชื้นเมล็ดชาน้ำมัน (*Camelia Oleifera*) แบบไม่กะเทาะเปลือกจากค่าความชื้นเริ่มต้น 15.18 ± 0.35 % จนมีค่าความชื้นสุดท้าย 7 ± 1 %wb ด้วยแสงแดดและตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 และ 120 ºC โดยงานวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ (1) ลดความชื้นเมล็ดชาน้ำมันเพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และ (2) หาปริมาณน้ำมันและตรวจสอบคุณภาพน้ำมันที่ได้รับอิทธิพลจากการลดความชื้นเมล็ดชาที่อุณหภูมิต่าง ๆ จากผลการทดลองในส่วนที่ (1) พบว่าสมการแบบจำลองการอบแห้งของ Page's model สามารถให้ผลการทำนายได้ดีที่สุดโดยใช้เวลาในการอบแห้งมากที่สุด 7 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 50 ºC และน้อยที่สุด 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 ºC ในส่วนที่ (2) ผลของปริมาณน้ำมันเมล็ดชาที่สกัดด้วยสารละลาย ปิโตรเลียมอีเทอร์อยู่ในช่วง 33.77 – 34.86 % ซึ่งมากกว่าการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบเพลาเดี่ยวโดยมีค่าในช่วง 26.43 – 28.88 % ในการหาค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter Lovibond พบว่าค่าสีที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันและจากการวัดค่าสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer พบว่าค่าความแตกต่างของสีน้ำมันเมล็ดชา ($\Delta$E) มีค่าระหว่าง 0.26 – 0.58ส่วนค่า Acid value (AV) และ Peroxide value (PV) มีค่าระหว่าง 2.02 – 2.36 mgKOH/g และ 4.02 – 4.55 mEq/kg ตามลำดับ สำหรับค่าร้อยละของกรดไขมันโอเมก้า 3, 6, 9 มีค่าอยู่ในช่วง 0.196 – 0.264, 8.533 – 7.738 และ 72.63 – 73.54 ตามลำดับ สรุปได้ว่าอุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันทั้ง 8 ระดับในช่วง 50 – 120 ºC ไม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของน้ำมันเมล็ดชาที่สกัดได้


**คำสำคัญ:** เมล็ดชาน้ำมัน การอบแห้งเมล็ดชาน้ำมัน การอบแห้งแบบชั้นบาง แบบจำลองการอบแห้ง

## คำนำ

ชาน้ำมัน (*Camellia Oleifera*) เป็นพืชที่มีประโยชน์ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และเป็นป่าต้นน้ำที่ได้รับความสนใจในประเทศไทย เนื่องจากน้ำมันที่ได้จากเมล็ดชาน้ำมันมีประโยชน์มาก เช่น ใช้ในการประกอบอาหารและเครื่องสำอางชนิดต่าง ๆ เป็นต้น นอกจากนี้ในด้านคุณค่าทางโภชนาการมีผลการวิจัยพบว่ามีสารธรรมชาติที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) (Lee and Yen,1953) นอกจากนี้ยังเป็นไม้ยืนต้นที่จะช่วยรักษาแหล่งต้นน้ำของประเทศไว้ได้ จากความสำคัญต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาในข้างต้นได้ทำให้ มูลนิธิชัยพัฒนา ร่วมกับมูลนิธิแม่ฟ้าหลวง ดำเนินการศึกษา และทดลองปลูกชาน้ำมันที่ได้ต้นพันธุ์มาจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ต้นชาน้ำมันที่ทดลองปลูกในพื้นที่เขตจังหวัดเชียงราย มีการเจริญเติบโตดี ติดผลในปีที่ 3-4 และพบว่ามีปริมาณน้ำมันในเมล็ดชาที่ปลูกในประเทศไทย สูงถึงร้อยละ 30-35ซึ่งนับว่ามีปริมาณของน้ำมันที่สกัดออกมาได้สูงมาก อย่างไรก็ตามในขั้นตอนของการเก็บเมล็ดชาก่อนการสกัดยังพบว่ามีปัญหาเกี่ยวกับเชื้อราในเมล็ดชา เนื่องจากความชื้นจากขั้นตอนการตากแห้งที่ไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้น้ำมันที่สกัดออกมามีกลิ่นเหม็นหืน ยากต่อการนำมาใช้ประโยชน์ทำให้ได้น้ำมันเมล็ดชาไม่มีคุณภาพ (มูลนิธิชัยพัฒนา, 2554)

วิธีการลดความชื้นเมล็ดพืชดั้งเดิม คือการตากแดด ซึ่งค่าใช้จ่ายของกระบวนการนี้ประกอบด้วย ลานตาก ค่าแรงงาน และค่าเครื่องจักรสำหรับใช้เกลี่ยหรือพลิกวัสดุบนลานตาก ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดของกระบวนการอบแห้ง แต่การตากแดดมีปัญหาหลายอย่าง เช่น พื้นที่ที่ใช้ในการตาก

เวลาที่ใช้ไม่แน่นอนขึ้นกับสภาวะอากาศของแต่ละวัน และอาจจะมีปัญหาการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมที่อาจจะไม่เหมาะสมและถูกต้องหลักการผลิตอาหารที่ถูกสุขลักษณะ (GMP) จากปัญหาดังกล่าวทำให้มีการหันมาใช้เครื่องอบแห้ง ซึ่งข้อดีของเครื่องอบแห้งนอกจากลดความชื้นได้รวดเร็วสม่ำเสมอแล้ว ชั่วโมงการทำงานทำได้มากกว่าลานตาก เนื่องจากไม่ขึ้นกับสภาพอากาศทำให้สามารถทำงานได้ตลอดทั้งปี (อาภากร, 2541)

การอบแห้งด้วยวิธีเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบเมล็ดไหลคลุกเคล้าหรือระบบ LSU (Lousiana State University) เป็นวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อนวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสูงนิยมนำมาใช้สำหรับอบแห้งข้าวเปลือก และพบว่าในประเทศไทยมีการนำเครื่องอบแห้งแบบ LSU มาใช้สำหรับการอบแห้งข้าวเปลือกมากที่สุด (ขุนพล, 2544) ซึ่งข้อดีของวิธีการนี้ก็คือทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนอย่างทั่วถึงทำให้การอบมีประสิทธิภาพ ลมร้อนจะถูกเป่าเข้าด้านล่างในขณะที่เมล็ดพืชจะถูกป้อนลงจากด้านบนของตัวเครื่องอบแห้งเพราะฉะนั้นการแลกเปลี่ยนความร้อนจะเกิดขึ้นในลักษณะลมร้อนเป่าขึ้นและสวนทางกับเมล็ดพืชที่ไหลลงลูกฟูกหรือลูกบวบหรือชั้นสามเหลี่ยมจะมีหน้าที่ชะลอการไหลของวัสดุและทำหน้าที่ให้วัสดุพลิกตัวเพื่อให้การถ่ายเทความร้อนเป็นไปโดยทั่วเมล็ดพืช แต่ในการลดความชื้นโดยอาศัยความร้อนในการลดความชื้นก็อาจส่งผลต่อคุณภาพของน้ำมัน แต่ยังขาดข้อมูลยืนยันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในแต่ละระดับของอุณหภูมิ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมการคุณลักษณะของการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันทั้งเปลือกและ ศึกษาคุณภาพของน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดชาที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิต่างๆ กัน

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. เมล็ดชาน้ำมัน *(Camelia Oilifera)*

เมล็ดชาน้ำมันที่เก็บมาเพื่อการผลิตน้ำมันของศูนย์วิจัยและพัฒนาชาน้ำมันและพืชน้ำมัน อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย เก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556 สุ่มตรวจวัดความชื้น (โดยความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดชาน้ำมันอยู่ที่ 15 $\pm$ 1% wb) จากนั้นนำเมล็ดชาน้ำมันบรรจุในถุงพลาสติกสุญญากาศ ขนาดกว้าง 25ซม. ยาว 40 ซม. บรรจุเมล็ดชาน้ำมันน้ำหนัก 1 กก.ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดปากถุงระบบสุญญากาศ (Vacuum Sealer)ยี่ห้อ Fuji Impluse รุ่น V-300 แล้วเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -15 ºC เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ หลังจากนั้นจะใช้เมล็ดชาน้ำมัน 1 ถุง น้ำหนัก 1 กก.เพื่อนำมาใช้ในการทดลองต่อ 1 หน่วยการทดลอง

### 2. การอบแห้งเมล็ดชาน้ำมัน

นำเมล็ดชาน้ำมันที่ได้จากการสุ่มในขั้นตอนแรกมาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ออกแบบขึ้น โดยใช้อุณหภูมิของลมร้อนที่แตกต่างกันได้แก่ 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 และ 120 ºC โดยใช้พารามิเตอร์ในการอ้างอิงการยุติระยะเวลาในการอบแห้งของที่แต่ละอุณหภูมิคือค่าปริมาณความชื้นซึ่งต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 7 % wb มูลนิธิชัยพัฒนา (2554) นำตัวอย่างบรรจุใส่ถาดแล้วนำเข้าเครื่องเพื่ออบแห้ง สำหรับที่อุณหภูมิ 50 - 70 ºC และการลดความชื้นด้วยแสงแดดจะเก็บตัวอย่างทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อนำตัวอย่างออกมาวัดความชื้น ที่อุณหภูมิในการอบแห้งตั้งแต่ 80 - 120 ºC จะตรวจวัดความชื้น ทุกๆ 30 นาทีเมื่ออบแห้งจนได้เมล็ดน้ำมันชาที่มีค่าความชื้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 7 % wb ถือว่าสิ้นสุดการอบแห้งเพื่อลดความชื้น และนำมาแปลงค่าความชื้นเป็น %dbเพื่อใช้ในการศึกษาสมการการอบแห้ง

**3. ความชื้นสมดุล**

เตรียมตัวอย่างเมล็ดชาน้ำมันที่มีความชื้นเริ่มต้น 15±1 % wb น้ำหนัก 10 กรัมจำนวน 3 ตัวอย่าง นำเมล็ดชาน้ำมันเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 และ 120 ºCจากนั้นนำตัวอย่างเมล็ดชาน้ำมันทั้ง 3 ตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักทุก 8 ชั่วโมงจนน้ำหนักตัวอย่างคงที่ (± 0.001 กรัม) เมื่อพบว่าน้ำหนักตัวอย่างคงที่แล้วทำการบันทึกน้ำหนักสุดท้ายของตัวอย่างจากนั้นนำตัวอย่างไปหาความชื้นตามวิธีของ ASAE (1988) ความชื้นที่ได้จะเป็นค่าความชื้นสมดุล (%db) ที่เกิดขึ้น ณ สภาวะอากาศนั้นๆ

**4. สมการการอบแห้งชั้นบาง**

ในการทดสอบการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรได้มีการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของแต่ละสภาวะ ซึ่งมีรูปแบบการหาค่าความชื้นที่ได้จากการทดลองคือ

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_i - M_e} \quad (1)$$

เมื่อ MR คืออัตราส่วนความชื้น (ไม่มีหน่วย), $M_t$ คือ ค่าความชื้นที่เวลาใดๆ (%db), $M_e$ คือ ค่าความชื้นสมดุล (%db), $M_i$ ค่าความชื้นเริ่มต้น (%db) การศึกษารูปแบบของสมการการอบแห้งแบบชั้นบางดังแสดงใน Table1

**Table 1** Thin layer drying model

| Model's name | Equation | References |
|---|---|---|
| Page's model | $MR = exp(-kt^N)$ | Kumar *et al.* (2006) |
| Lewis model | $MR = exp(-kt)$ | Lewis (1921) |
| Wang and Singh model | $MR = Aexp(-kt)$ | Wang and Singh (1978) |
| Two-compartment model | $MR = A\,exp(-k_1 t) + B\,exp(-k_2 t)$ | Henderson (1974) and Sharaf-Elden*et al.* (1980) |

**ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันต่อคุณภาพน้ำมันเมล็ดชา**

**5.1 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันต่อปริมาณน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดชา (% Yield)**

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการศึกษาถึงระดับอุณหภูมิของลมร้อนที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันในเมล็ดชาโดยขั้นตอนการสกัดได้แบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การสกัดน้ำมันเมล็ดชาด้วยตัวทำละลายโดยใช้ ปิโตรเลียมอีเทอร์ มูลนิธิชัยพัฒนา (2554) และการสกัดน้ำมันเมล็ดชาด้วยเครื่องสกัด Soxhlet ยี่ห้อ NK Labolatory OD 48 mm length 15.5 cm s°C ket 40/45 cone 24/29 โดยสกัดน้ำมันจากตัวอย่างทุกอุณหภูมิอบแห้ง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดแล้ว มาคำนวณหาปริมาณน้ำมันได้ในสมการที่ 2

$$Yield_{Solvent}\ (\%) = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำมันที่สกัดได้ในขวดก้นกลม(กรัม)}}{\text{น้ำหนักของเมล็ดชาน้ำมันก่อนสกัด(กรัม)}} \times 100 \qquad (2)$$

**5.2 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันต่อสีของน้ำมันเมล็ดชา**

สำหรับวิธีการวัดสีน้ำมันเมล็ดชาจากการสกัดเมล็ดชาน้ำมันที่ผ่านการลดความชื้น ด้วยเครื่องสกัดแบบเพลาเดี่ยวโดยจะใช้อุปกรณ์ในการวัดค่าสี 2 วิธี ได้แก่ การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter Lovibond Model F และเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ BYK Gardner Spectro-Guide เนื่องจากเครื่องวัดสี Colorimeter Lovibond จะใช้ในห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยน้ำมันและพืชน้ำมันซึ่งใช่การอ่านค่าจากผู้เชี่ยวชาญจึงใช่เครื่อง Spectrophotometer สำหรับอ่านค่าเพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยน้ำมันเมล็ดชาที่เก็บไว้ตู้แช่แข็งมาละลายที่อุณหภูมิห้องจนน้ำมันเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำน้ำมันเมล็ดชาใส่ลงในเซลล์สำหรับใส่ตัวอย่าง (Sample cell) จากนั้นวัดสีและบันทึกค่า และ หาค่าความแตกต่างของสี ($\Delta E$) ในระบบ CIE หาได้ดังสมการที่ 3

$$\Delta E = \sqrt{(L1* - L2*)^2 + (a1* - a2*)^2 + (b1* - b2*)^2} \qquad (3)$$

โดย $\Delta E$ คือ ค่าความแตกต่างของสี

L1* a1* b1* คือ ค่าตัวแปรที่อ่านได้จากน้ำมันเมล็ดชาที่ผ่านการลดความชื้น ด้วยแสงแดดซึ่งใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ

L2* a2* b2* คือ ค่าตัวแปรที่อ่านได้จากน้ำมันเมล็ดชาที่ผ่านการลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ

**5.3 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันที่มีต่อปริมาณกรดรวมในน้ำมัน (Acid Value)**

เมล็ดชาน้ำมันที่ลดความชื้นด้วยแสงแดดและอบแห้งด้วยลมร้อนที่ถูกสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบเพลาเดี่ยวจากนั้นกรองน้ำมันด้วยกระดาษกรองความละเอียด 20 – 25 ไมโครเมตร เพื่อแยกกากที่ผสมอยู่ในน้ำมัน น้ำมันเมล็ดชาถูกนำมาใช้สำหรับการหาค่า Acid value (AV) ซึ่งค่า AV คือค่าที่แสดงถึงกลิ่นหืนของน้ำมันที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วยน้ำและเอนไซม์ไลเปส (hydrolytic rancidity) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณกรดรวมในน้ำมัน (Acid Value)

**5.4 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันที่มีต่อปริมาณเพอร์ออกไซด์ในน้ำมัน (Peroxide Value)**

น้ำมันที่ได้จากเมล็ดชาที่ได้จากเครื่องสกัดแบบเพลาเดี่ยวนำมาใช้โดยตั้งทิ้งไว้จนน้ำมันมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง สำหรับค่า PVเป็นค่าที่แสดงถึงการเกิดกลิ่นหืนของน้ำมันที่เกิดจากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ (oxidative rancidity) การวิเคราะห์ปริมาณเพอร์ออกไซด์ในน้ำมัน (Peroxide Value) จะใช้วิธีตาม USP34-NF29 (2011)

**5.5 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันต่อปริมาณกรดไขมันโอเมก้าในน้ำมันเมล็ดชา**

ในการหาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันเมล็ดชาโดยการหาปริมาณกรดไขมันโอเมก้าด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC ยี่ห้อ CHROMPACK รุ่น CP 9001) โดยน้ำมันที่ถูกสกัดด้วยเครื่องสกัดเพลาเดี่ยวจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดชาน้ำมันได้แก่ Oleic Acid (ω9), Linoleic Acid (ω6) Linolenic Acid (ω3) โดยตรวจวัดตัวอย่างเมล็ดชาน้ำมันที่หน่วยวิเคราะห์ วิจัยทางพฤกษเคมี ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

**ผลการทดลอง**

**1. ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อเวลาในการอบแห้ง**

Figure 1 แสดงการลดลงของความชื้นของการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าการลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนที่ 120ºC ใช้เวลาในการลดความชื้น1 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 110, 100, 90, 80, 70, 60 และ 50ºC อย่างเห็นได้ชัดเจนตามลำดับ สาเหตุสำคัญคือที่อุณหภูมิอบแห้ง 120ºCสามารถระเหยน้ำในตัวอย่างได้ดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า เพราะแรงขับเคลื่อนความชื้น (driving force) หรือความแตกต่างของค่าความชื้น (moisture gradient) ระหว่างจุดกึ่งกลางและผิวของตัวอย่างจะเพิ่มขึ้นสำหรับอบแห้งด้วยลมร้อนที่มีอุณหภูมิสูง Taechapairoj *et al.,*(2003)

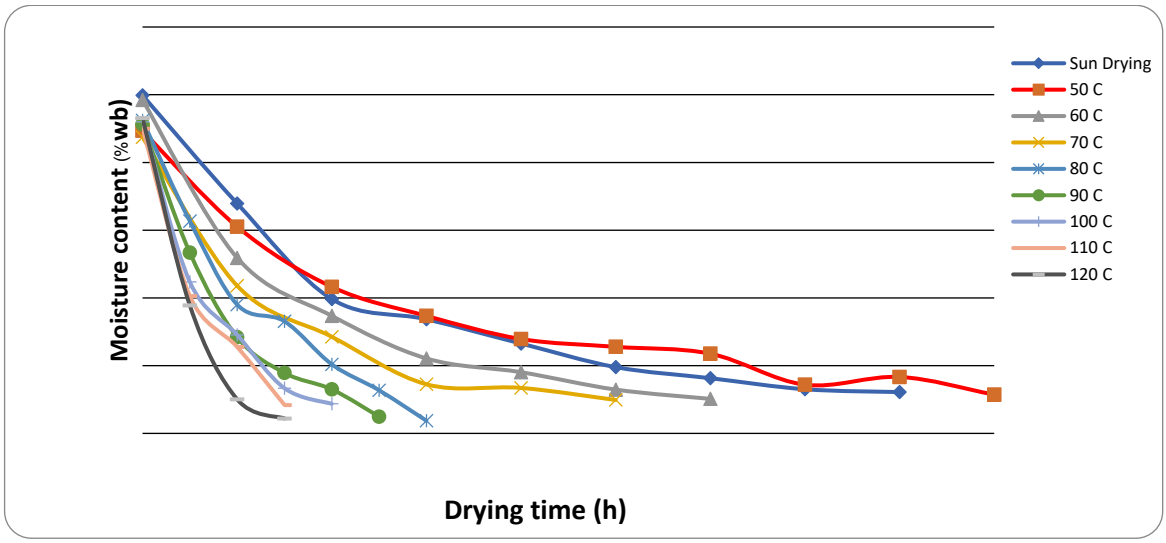


**Figure 1** The moisture content the samples during drying at the different time and temperature

**2. สมการการอบแห้งชั้นบาง**

เมื่อนำข้อมูลความชื้นและค่าความชื้นสมดุลจากการทดลองมาแทนค่าในสมการอบแห้งทั้ง 4 สมการ จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ในแต่ละสมการดัง Table 2 จากข้อมูลในตารางพบว่าในการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน แบบจำลอง Page's model เป็นแบบจำลองที่สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงความชื้นของตัวอย่างระหว่างการอบแห้งได้แม่นยำที่สุด เนื่องจากให้ค่า RMSE (root mean-square error) ต่ำที่สุดและจาก Figure 2 เมื่อนำค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลอง (Experimental MR) มาเปรียบเทียบกับค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทำนาย (Predicted MR) ด้วยแบบจำลอง Page's model พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองทั้ง 4 แบบโดยกำหนดให้เส้นทะแยงมุมมีค่า $R^2$ (coefficient of determination) เท่ากับ 1 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สารภี (2554) ทำการอบแห้งข้าวเปลือก และ Zhang *et al* (2010) ได้ทำการทดลองอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันแบบกะเทาะเปลือกด้วยตู้อบลมร้อน

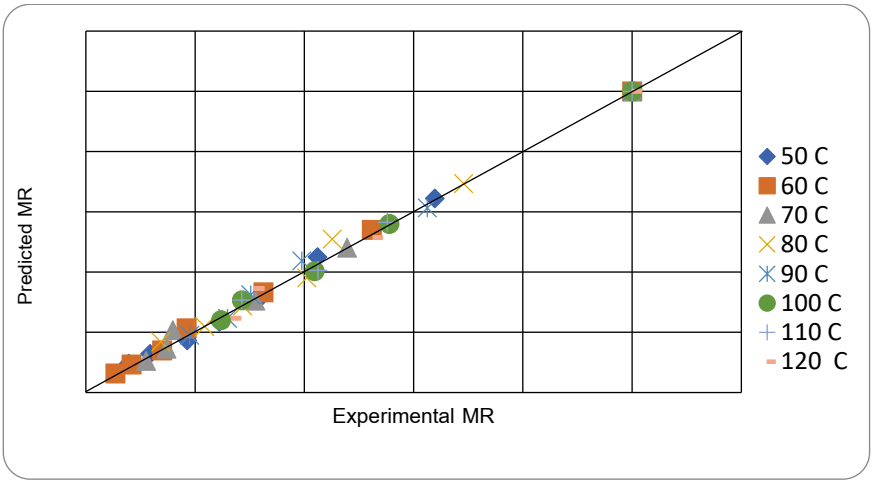


**Figure 2** Experimental and predicted moisture ratio from Page's model at different drying temperatures

**Table 2** Constant value for different thin layer drying models

| temperature(ºC) | | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Page's | k ($min^{-1}$) | 0.0130 | 0.0200 | 0.0420 | 0.0180 | 0.0370 | 0.0640 | 0.0600 | 0.0660 |
| | N | 0.8600 | 0.8370 | 0.6980 | 0.8850 | 0.7590 | 0.6480 | 0.6620 | 0.6790 |
| | $R^2$ | 0.9930 | 0.9970 | 0.9730 | 0.9800 | 0.9810 | 0.9870 | 0.9730 | 0.9620 |
| | RMSE %d.b.) | 0.14 | 0.15 | 0.21 | 0.34 | 0.27 | 0.17 | 0.23 | 0.32 |
| Lewis | k ($min^{-1}$) | 0.0060 | 0.0080 | 0.0090 | 0.0100 | 0.0110 | 0.0130 | 0.0140 | 0.0150 |
| | $R^2$ | 0.9910 | 0.9870 | 0.9480 | 0.9850 | 0.9480 | 0.9350 | 0.9650 | 0.9300 |
| | RMSE (% d.b.) | 0.33 | 0.50 | 0.79 | 0.56 | 0.62 | 0.84 | 0.76 | 0.89 |
| Wang and Singh | k ($min^{-1}$) | 0.0050 | 0.0070 | 0.0070 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0110 | 0.0130 | 0.0150 |
| | A | 0.9400 | 0.8800 | 0.8000 | 0.9600 | 0.8800 | 0.8800 | 0.9300 | 0.9000 |
| | $R^2$ | 0.9930 | 0.9920 | 0.9430 | 0.9860 | 0.9660 | 0.9570 | 0.9750 | 0.9300 |
| | RMSE (% d.b.) | 0.56 | 0.65 | 0.69 | 0.44 | 0.88 | 0.92 | 0.75 | 0.95 |
| Two compartment | $k_1$ ($min^{-1}$) | 0.0051 | 0.0068 | 0.0176 | 0.0462 | 0.0032 | 0.0879 | 0.0105 | 0.0128 |
| | $k_2$ ($min^{-1}$) | 0.0238 | 0.0231 | 0.0036 | 0.0092 | 0.0237 | 0.0092 | 0.5348 | 0.5162 |
| | A | 0.7893 | 0.6666 | 0.6882 | 0.1618 | 0.2905 | 0.2930 | 0.7646 | 0.7523 |
| | B | 0.2114 | 0.3331 | 0.3105 | 0.8396 | 0.7115 | 0.7069 | 0.2354 | 0.2477 |
| | $R^2$ | 0.9636 | 0.9653 | 0.9624 | 0.9761 | 0.9777 | 0.9796 | 0.9807 | 0.9828 |
| | RMSE (% d.b.) | 0.11 | 0.08 | 0.51 | 0.3 | 0.16 | 0.18 | 0.16 | 0.38 |

**3. ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดชาต่อคุณภาพของน้ำมันเมล็ดชา**

**3.1 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดชาต่อปริมาณน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดชา (% yield)**

เนื่องจากการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีการที่สามารถแยกน้ำมันออกจากเมล็ดชาได้หมดทั้งเมล็ด จึงใช้วิธีการนี้มาใช้สำหรับหาปริมาณน้ำมันในเมล็ดชา (% Yield) จากผลการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นน้ำมันที่สกัดได้อยู่ในช่วง 33.77% - 34.86% และพบว่า อุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันไม่ส่งผลกระทบทางสถิติต่อปริมาณของน้ำมันเมล็ดชาที่ผ่านกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hsieh *et al*. (2013) ซึ่งทำการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันที่กะเทาะเปลือกออกแล้วอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 120, 130 และ 140ºC และพบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งไม่ส่งผลกระทบทางสถิติต่อผลผลิตของน้ำมันเมล็ดชาที่สกัดด้วยตัวทำละลาย

**3.2 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดชาต่อสีของน้ำมันเมล็ดชา**

ผลการทดลองพบว่าค่าสีของน้ำมันเมล็ดชาที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ มีค่าสีแดงที่ 1.6 และค่าสีเหลือง 30 เท่ากันในทุกตัวอย่างดังแสดงใน Table 3 เนื่องจากการวัดด้วยเครื่อง Colorimeter Lovibond ที่ใช้หลักการเปรียบเทียบสีของน้ำมันด้วยแม่สีที่มีระดับความเข้มสีจากอ่อนไปจนถึงสีเข้มโดยใช้ตัวเลขเป็นตัวบ่งชี้ความเข้มที่ระดับต่างๆ ผลการทดลองมาจากการวัดด้วยสายตาของผู้ทดลองในการเปรียบเทียบระหว่างสีของน้ำมันและสีของแถบแม่สีภายในเครื่อง แต่เนื่องจากสีของน้ำมันที่ได้จากการสกัดมีความใกล้เคียงกันมาก จึงทำให้ค่าสีที่อ่านได้มีค่าเท่ากันและไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ในกรณีของการวัดด้วยเครื่อง Lovibond โดยพบว่าค่าระดับสีแดง, สีเหลือง, สีน้ำเงินและสีขาวมีค่าเท่ากันในทุกตัวอย่าง

ในส่วนของการวัดสีของน้ำมันเมล็ดชาด้วยเครื่อง Spectrophotometer จะแสดงรายละเอียดของค่าสีL*,a*, b* และ $\Delta E$ ซึ่งได้จาการเปรียบเทียบระดับของสีน้ำมันเมล็ดชาที่ผ่านการอบแห้งทั้งหมดโดยตู้อบแห้ง กับสีของน้ำมันเมล็ดชาที่ได้จากการตากแดด จากตารางที่ 3จึงสรุปได้ว่าน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดชาน้ำมันที่ลดความชื้นด้วยแสงแดดและใช้ตู้อบลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 และ 120 ºC มีความแตกต่างของสีที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer น้อยมากเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ

**3.3 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันต่อปริมาณกรดรวมในน้ำมัน (Acid Value)**

จากผลการทดลอง Table 4 พบว่าการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันที่อุณหภูมิต่างๆ จะมีค่า **AV** มากที่สุด2.36 ± 0.015 mg.KOH/g ซึ่งได้จากน้ำมันที่สกัดมาจากเมล็ดชาที่ผ่านการลดความชื้นด้วยแสงแดด และค่า **AV** น้อยที่สุด 2.02 ± 0.015 mg.KOH/g ในน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดชาอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 ºC ดังแสดงใน Table 4 เนื่องจากค่า **AV** ที่ได้จากการทดลองจากตัวอย่างที่มีระดับอุณหภูมิของเมล็ดชาน้ำมันที่ 8 ระดับอุณหภูมิระหว่าง 50-120ºC มีความแตกต่างกันน้อยมากซึ่งสอดคล้องงานวิจัยของ Zhang and Jin (2011) ซึ่งสกัดน้ำมันเมล็ดชาด้วยวิธีการแช่เมล็ดชาที่ผ่านการบดละเอียดและอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 ºC ด้วยตัวทำละลายเฮกเซนจากนั้นให้ความร้อนในขั้นตอนการสกัดที่ระดับอุณหภูมิ 30, 40, 50 และ 60 ºC เป็นเวลา 0.5, 1, 2 และ 4 ชั่วโมงในทุกระดับอุณหภูมิและพบว่าอุณหภูมิของการสกัดไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของค่ากรดรวมในน้ำมัน

**Table 3** Color of tea oil measured using different methods (Lovibond and Spectrophotometer)

| Sample | Lovibond | | | | Spectrophotometer | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Red | Yellow | Blue | White | L* | a* | b* | ΔE |
| Sun dryer | 1.6 | 30 | 0 | 0 | 53.66 ± 0.03[a] | 0.68 ± 0.02[a] | 72.15 ± 0.38[bc] | |
| 50 °C | 1.6 | 30 | 0 | 0 | 53.71 ± 0.02[b] | 0.69 ± 0.02[ab] | 72.35 ± 0.23[c] | 0.26 ± 0.17 |
| 60 °C | 1.6 | 30 | 0 | 0 | 53.71 ± 0.01[b] | 0.72 ± 0.02[c] | 72.43 ± 0.05[c] | 0.36 ± 0.21 |
| 70 °C | 1.6 | 30 | 0 | 0 | 53.65 ± 0.04[a] | 0.70 ± 0.02[abc] | 71.82 ± 0.08[ab] | 0.38 ± 0.21 |
| 80 °C | 1.6 | 30 | 0 | 0 | 53.70 ± 0.02[b] | 0.73 ± 0.02[c] | 71.57 ± 0.39[a] | 0.59 ± 0.42 |
| 90 °C | 1.6 | 30 | 0 | 0 | 53.66 ± 0.01[a] | 0.71 ± 0.02[bc] | 71.76 ± 0.09[ab] | 0.39 ± 0.33 |
| 100 °C | 1.6 | 30 | 0 | 0 | 53.71 ± 0.02[b] | 0.71 ± 0.01[bc] | 71.60 ± 0.23[a] | 0.58 ± 0.48 |
| 110 °C | 1.6 | 30 | 0 | 0 | 53.66 ± 0.04[ab] | 0.70 ± 0.02[abc] | 71.79 ± 0.29[ab] | 0.54 ± 0.29 |
| 120 °C | 1.6 | 30 | 0 | 0 | 53.70 ± 0.02[b] | 0.70 ± 0.01[abc] | 71.61 ± 0.22[a] | 0.54 ± 0.21 |

**Note:** Means in column followed by the same superscript were not significantly different at 0.05 significance level according to Duncan's multiple range test.

$$\Delta E = \sqrt{\left(L^*_{sample} - L^*_{sun\ dryer}\right)^2 + \left(a^*_{sample} - a^*_{sun\ dryer}\right)^2 + \left(b^*_{sample} - b^*_{sun\ dryer}\right)^2}$$

**3.4 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันต่อปริมาณเพอร์ออกไซด์ในน้ำมัน (Peroxide Value)**

จากการทดลองพบว่าค่า **PV** ของน้ำมันเมล็ดชาจากการทดลองมีค่ามากที่สุด 4.55 ± 0.032 mEq/kg. ซึ่งได้จากการสกัดเมล็ดชาน้ำมันที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 ºC และมีค่าน้อยที่สุด 4.02 ± 0.031 mEq/kg. จากการสกัดเมล็ดชาน้ำมันที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 ºCดังแสดงใน Table 4 ซึ่งค่า **PV** ที่ได้มีความแตกต่างกันเล็กน้อย ในส่วนของการวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยของ **PV** กับการตากแดดและการอบแห้งด้วยลมร้อนที่ 8 ระดับอุณหภูมิในช่วง 50 - 120 °C จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าระดับอุณหภูมิต่างๆ ที่ใช้ในการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันไม่มีอิทธิพลต่อค่า **PV** ที่ได้จากการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang *et al.* (2010) ซึ่งนำเมล็ดชามาบดละเอียดและอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 °C จากนั้นสกัดด้วยด้วยตัวทำละลายเฮกเซน โดยการให้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 30, 40, 50 และ 60°C พบว่าอุณหภูมิในการให้ความร้อนไม่ส่งผลต่อค่า **PV** โดยผลการทดลองที่ได้มีค่าเฉลี่ย 3.74 ± 0.35 mEq/kg.º C

**Table 4** Acid value (AV) and peroxide value (PV) of tea oil at different drying temperature

| Sample | AV (mgKOH/g)[ns] | PV (mEq/kg.)[ns] |
|---|---|---|
| Sun drying | 2.36 ± 0.015 | 4.48 ± 0.029 |
| 50 °C | 2.25 ± 0.016 | 4.55 ± 0.032 |
| 60 °C | 2.33 ± 0.016 | 4.13 ± 0.030 |
| 70 °C | 2.09 ± 0.015 | 4.02 ± 0.031 |
| 80 °C | 2.30 ± 0.016 | 4.44 ± 0.031 |
| 90 °C | 2.13 ± 0.015 | 4.37 ± 0.030 |
| 100 °C | 2.35 ± 0.001 | 4.53 ± 0.030 |
| 110 °C | 2.02 ± 0.015 | 4.67 ± 0.002 |
| 120 °C | 2.26 ± 0.015 | 4.32 ± 0.031 |

**Note:** [ns]Means in the same column were not significantly different at 0.05 significance level according to Duncan's multiple range test.

### 3.5 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันต่อปริมาณกรดไขมันโอเมก้าในน้ำมันเมล็ดชา

ในการหาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันเมล็ดชาโดยการหาปริมาณกรดไขมันโอเมก้าด้วยเครื่อง Gas Chromatographyโดยจาก Table 5 พบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันส่งผลต่อปริมาณของกรดไขมันโอเมก้าน้อยมาก ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang *et al.*(2010) ศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันเมล็ดชาที่สกัดด้วยตัวทำละลายโดยใช้ความร้อนจากไมโครเวฟในขั้นตอนเตรียมตัวอย่างพบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อปริมาณโอเมก้า 3, 6 และ 9 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yuan *et al.* (2012) ที่ได้รายงานถึงการศึกษาปริมาณกรดไขมัน ในน้ำมันเมล็ดชาจากการสกัดด้วยตัวทำละลายทั้งหมด 132 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าร้อยละของโอเมก้า 9 (Oleic acid) และโอเมก้า6 (Linoleic acid) ต่อปริมาณน้ำมันเฉลี่ยเท่ากับ 78.24 % และ 9.50 % ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการทดลอง

**Table 5** Quantities of oleic acid (ω9), linoleic acid (ω6), and linolenic acid (ω3) in the tea oilextracted from the samples dried at the different temperature

| Sample | Oleic Acid (ω9) | Linoleic Acid (ω6) | Linolenic Acid (ω3) |
|---|---|---|---|
| Sun drying | 73.34 | 8.314 | 0.261 |
| 50 °C | 73.51 | 8.292 | 0.250 |
| 60 °C | 72.88 | 8.187 | 0.245 |
| 70 °C | 73.54 | 7.782 | 0.235 |
| 80 °C | 73.12 | 8.207 | 0.230 |
| 90 °C | 73.43 | 8.079 | 0.196 |
| 100 °C | 72.63 | 8.533 | 0.250 |
| 110 °C | 72.73 | 8.014 | 0.264 |
| 120 °C | 72.97 | 7.738 | 0.264 |

## สรุป

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบลดความชื้นที่ 8 ระดับอุณหภูมิระหว่าง 50-120 ºC และการลดความชื้นด้วยแสงแดด สำหรับสร้างสมการทำนายการอบแห้งพบว่า การเลือกใช้แบบจำลองการอบแห้งของ Page'S model สามารถให้ผลการทำนายได้ดีที่สุด เนื่องจากมีลักษณะของเส้นแนวโน้มจากข้อมูลอัตราการอบแห้ง (MR) ที่ได้จากการทำนายเทียบข้อมูลอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลอง ซึ่งมีค่าความชันของเส้นแนวโน้มเข้าใกล้ 1 ($R^2$ = 1) โดยมีค่าความชัน 0.9991 ในส่วนของเวลาที่ใช้ในการอบแห้งมากที่สุดคือ 7 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 50 ºC และน้อยที่สุด 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 ºC

จากการศึกษาผลผลิตของน้ำมันเมล็ดชาที่สกัดได้จากเครื่องสกัดแบบเพลาเดี่ยวพบว่าอุณหภูมิอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันที่ 60 ºC โดยให้ผลผลิตมากที่สุด 28.88 ± 0.63% และในส่วนของคุณภาพน้ำมันเมล็ดชาที่ได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิในการอบเพื่อลดความชื้นโดยการตรวจวัดค่าสีของน้ำมัน, AV,PV และกรดไขมันโอเมก้า 3, 6, 9 พบว่าความแตกต่างของระดับอุณหภูมิทั้ง 8 ระดับในช่วง 50 – 120 ºC ไม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของน้ำมันเมล็ดชา

**ขอขอบคุณ**

โครงการศูนย์วิจัยและพัฒนาชาน้ำมันและพืชน้ำมัน ต. เวียงพางคำ อ.แม่สาย จ. เชียงราย และคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

**เอกสารอ้างอิง**

มูลนิธิชัยพัฒนา. 2554. โครงการศูนย์วิจัยและพัฒนาชาน้ำมันและพืชน้ำมัน อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย.แหล่งที่มา: http://www.chaipat.or.th/intranet/project/detail.php?project_id= 377, 20 มกราคม 2555

ขุนพล สังข์ตรียกุล. 2544. การประเมินสถานภาพเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 103 หน้า.

สารภี สุจริต. 2554. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งของกล้องงอกและข้าวเปลือกงอก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อาภากร วัฒนะ. 2541. การอบแห้งเมล็ดข้าวโพดโดยก๊าซชีวมวลจากซังข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ASAE ( American Society of Agricultural Engineering) Standards. 1988. Moisture Measurement undergrounded grain and seeds, ASAE S352.2, rp:353.

Henderson, S.M. 1974. Progress in developing the thin-layer drying equation.Transaction of the ASAE.17: 1167-1168, 1172.

Kumar, P.G.D., H.U. Hebbar and M.N. Ramesh. 2006. Suitability of thin layer models for infrared- hot- air- drying of onion slices. LWT – Food Science and Technology.39: 700-705.

Lee Chia- Pu and Yen Gow- Chin. 1953. Antioxidant activity and bioactive compounds of tea seed ( Camellia Oilifera Abel. ) oil . Department of Food Science and Biotechnology, National Chung Hsing University, Taiwan. Available on http://cat.inist.fr.

Lewis, W. K. 1921. The rate of drying of solid materials. Journal of Industrial & Engineering Chemistry.13:427.

Sharaf- Elden, Y. I. , J. L. Blaisdeland and M. Y. Hamdy. 1980 . A model for ear corn drying. Transactions of the ASAE. 23: 1261-1265, 1271.

Hsieh,C.M.,J.C.Yang, Y.C.Chuang. E.I.C.Wang, and Y. L. Lee, 2013. Effects of roasting prior to pressing on the Camelia oil quality. Journal of Taiwan Agricultural Research.62:249-258.

Taechapairoj,C.,I. Dhuchakallya, S. Soponronnarit, S. Wetchacama and S. Prachayawarakorn. 2003. Superheated steam fluidized bed paddy drying. Journal of Food Engineering.58: 67-73.

Wang, C.Y. and R.P. Singh. 1978. A single layer drying equation for rough rice. ASAE paper.No. 78-3001, St Joseph, Michigan.

Yuan J., Wang C., Chen H., Zhou H., Ye J., 2012, Prediction of fatty acid composition in Camellia oleifera oil by near infrared transmittance spectroscopy (NITS).Food Chemistry Journal, 138(2-3):1657-62.

Zhang, X.M., Wu X.H., Li C.B., Kou Q.H., Li ,L., 2010, Characteristics and Mathematical Description of Hot-Air of Cameliaoleifera Seed.Journal of South China University of Technology.38: 8.

Zhang W.G. and Jin G.M., 2011, Microwave puffing-pretreated extraction of oil from Camellia oleifera seed and evaluation of its physicochemical characteristics.International Journal of Food Science and Technology.46: 2544–2549.

**Received 30 January 2017**

**Accepted 31 August 2017**