

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2550. พืชเคี้ยวมัน มะคาตาเมีย[ออนไลน์].

แหล่งที่มา: [http://www.doa.go.th/public/plibal/plibai\\_45/august%2045/macadamia.html](http://www.doa.go.th/public/plibal/plibai_45/august%2045/macadamia.html)[12 ธันวาคม 2550]

กุลยา จันทร์อรุณ. 2541. กรรมวิธีการผลิตผักและผลไม้อบแห้ง : รายงานการวิจัย ในโครงการ  
ตำราวิชาการราชภัฏเฉลิมพระเกียรติ เนื่องในวโรกาสพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรง  
เจริญพระชนมพรรษา 6 รอบ.

ขวัญแก้ว กังสดาลอำไพ จุฑาทิพย์ ศุภชัยวีรกุล และศัจฉา วิวัฒน์บุตรศิริ. 2549 การศึกษาองค์ประกอบไขมันของแมคาตาเมียต่างพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

ฐานความรู้ด้านพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2550. มะคาตาเมีย [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: [http://www.doa.go.th/pl\\_data/02\\_LOCAL/oard1/macadamia/main.html](http://www.doa.go.th/pl_data/02_LOCAL/oard1/macadamia/main.html)[18 สิงหาคม 2550]

ฐานิตย์ เมธียนนท์. 2541. การอบแห้งโดยใช้ปีมความร้อนในระดับอุตสาหกรรม.

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ณัฐพงษ์ เจนวินาภักดิ์ เจริญทอง สิงห์จามรงค์ และ จิราภรณ์ สอดจิตร์. 2548. การศึกษาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวมะคาตาเมีย. วารสารเกษตรนเรศวร. 8:20-32.

ดำเกิง ชาลีจันทร์. 2534. มะคาตาเมีย: พืชสู่อินทรีย์. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการและส่งเสริมการเกษตร. หน้า 53.

ทวิเม. 2546. การศึกษาผลของการแช่เนื้อแมคาตาเมีย (macadamia) ทั้งผลในน้ำ น้ำเกลือ และเอทานอลต่อคุณภาพและอายุการรับประทาน. วารสารจาร์พา. 10: 18-27.

นิธยา รัตนานนท์. 2544. หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

นิธยา รัตนานนท์. 2549. เคมีอาหาร. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

นันทนา ปัทมพงษ์. 2514. การศึกษาเบื้องต้นของเอนไซม์อินเวอร์เทสในต้นข้าว.

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มะคาเดเมียอบ ฉบับที่ 1145. 2549. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มะคาเดเมียอบ ค่าเพอร์ออกไซด์.

- มานะ จิ่งตระกูล. 2531. การพัฒนาถั่วลิสงแผ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต.  
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.  
กรุงเทพมหานคร.
- บัณฑิต จันทร์งาม มาร์ต ดัฟฟีลด์, ประสงค์ มั่นสูง และเพ็ญจันทร์ สุธานุกุล. 2535-2536.  
แมคคาตาเมียนัท. วิทยาสารสถาบันวิจัยพืชสวน. 14: 99-110.
- ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาลิก. 2532. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพมหานคร. โอเดียนสโตร์.  
วิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน. 2544. รอบรู้เรื่องบรรจภัณฑ์ (1). กรุงเทพมหานคร.  
ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงพิมพ์สุวิวัฒน์.
- สมชาติ ไสภณรณฤทธิ์. 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. กรุงเทพมหานคร:  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สมชาติ ไสภณรณฤทธิ์, ประทาน รักปรางค์, อติศักดิ์ นาถกรณกุล และสมบุญ เวชกามา. 2540.  
การอบแห้งมะละกอแช่ส้มโดยใช้ฮีตปั๊ม. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการเมธีวิจัย  
อาวุโส สกว. เทคโนโลยีการอบแห้ง.
- เหรียญทอง สิงห์จามูนสงค์ และจำรอง ดาวเรือง. 2549. องค์ประกอบแมคคาตาเมียที่ปลูกใน  
ประเทศไทย. Inst Food, Serials 36(4): 334-344.
- อุทัย นพคุณวงศ์, จำรอง ดาวเรือง, เหรียญชัย เกิดพงษ์, จันทร์เพ็ญ แสนพรหม และอรรรณ  
หวังดีธรรม. 2540. การศึกษาวิธีการและระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเนื้อใน  
แมคคาตาเมีย. งานวิจัยทั่วไป สถาบันวิจัยพืชสวน ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่.  
ภาษาอังกฤษ
- Advameg Inc. 2007. Macadamia nut[Online]. How macadamia nut is made. Available  
from: <http://www.madehow.com/Volume-5/Macadamia-Nut.html>
- Albertson, P.L., Bursle, J.K., Forrester, R.I. and McConchie, C.A. 2005. Hexose  
synthesis by cell wall invertase activity and its effects on the roasting behavior  
of macadamia kernel. Australian Journal of Agricultural Reseach. 57: 47-54.
- AOAC. 1995. Official method of analysis of AOAC International. Association of Office  
Analytical Chemists. 16<sup>th</sup> ed. Washington D.C.
- AOCS. 1998. Official method and recommended practices of American oil chemists  
society. 5<sup>th</sup> ed. American Oil Chemists Society Press, Champaign.
- Anon. 1982. Electronic colour sorting boosts nut production 66%. Food Engineering.  
54: 150.

- Arunmas, P. 2004. Thailand promotes Macadamia Nuts as Lucrative Cash Crop. Knight Ridder Tribune Business News: 1[Online]. Available from: <http://proxy.car.chula.ac.th/cgi-proxy/redirect.cgi>[2004, December 7]
- Australian Macadamia Society. 1994. Storage and packaging of macadamia kernel [Online]. Available from: <http://www.macadamias.org/index.php>[2005, May 20]
- Australian Macadamia Society. 2004. The Australian macadamia nut industry[Online]. Available from: <http://www.macadamias.org/>. [2004, November 18]
- Australian Macadamia Society. 2007. The Australian macadamia nut industry. [Online]. Available from: <http://www.macadamias.org/>. [2007, November 18]
- Beristain, C.I. and Azuara, E. 1990. Maximum stability in dehydrated products. Ciencia (Mexico). 41: 229-236.
- Beristian, C.I., Azuara, E. and Vernon-Carter, E.J. 2002. Effect of water activity on the stability to oxidation of spray-dried encapsulated orange peel oil using mesquite gum (*Prosopis juliflora*) as wall material. Journal of Food Science. 67: 206-211.
- Brooker, D.B., Bakker-Arkema, F.W. and Hall, C.W. 1974. Drying cereal grains. Westport connecticut. The Avi Publishing Company INC.
- Brown, P. 1984. The macadamia nut with a future. Australian Horticulture. 82:16-25.
- Cavaletto, C.G. and Yamamoto, H.Y. 1968. Criteria for selection of packaging materials for roasted macadamia kernels. Food Technology. 22: 97-99.
- Cavaletto, C.G. 1980. Macadamia nuts. Tropical and Subtropical Fruits. pp. 542-562.
- Cavaletto, C.G. 1981a. Quality evaluation of macadamia nuts. In Quality of Foods and Beverages: Chemistry and Technology (Vol 2), pp. 71-82. New York: Academic Press.
- Cavaletto, C.G. 1981b. Macadamia nut quality. Hawaii Macadamia Procedures Association 21<sup>th</sup> Annual Meeting Proceedings[Online]. Available from: [www.ba.ars.usda.gov/hb66/159macadamia.pdf](http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/159macadamia.pdf) [2005, February 14]
- Chu, A.C., King, G.S. and Sherman, G.D. 1953. Macadamia storage studies. Hawaii Agricultural Experiment Station Progress Notes. No.90

- Clare valley of south Australia. 2007. Growing trees in the clare valley of south Australia [Online]. Available from: <http://www.geocities.com/daveclarkecb/Australia/ClareTrees.html>[2008, January 16]
- Dela, C.A., Cavaletto, C., Yamamoto, H.Y. and Ross, E. 1966. Factor affecting macadamianut stability.II. Roasted kernels. Food Technology. 209: 1217-1218.
- DeMan, J.M. 1990. Principles of food chemistry. 2<sup>nd</sup> ed. Van Nostrand Reinhold, New York. 1-35.
- Dominguez, I.L., Azuara, E., Vernon-Carter, E.J. and Beristain, C.I. 2007. Thermodynamic analysis of effect of water activity on the stability of macadamia nut. Journal of Food Engineering. 81:566-571.
- Ennovation Ltd. New Zealand. 2006. Processing flow chart[Online]. Available from: <http://www.emacadamia.co.nz>[2008, January 16]
- Fourie, P.C. and Basson, D.S. 1989. Predicting rancidity in stored nuts by means of chemical analysis. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 22:251-253.
- Gabas, A.L., Bernardi, M., Romero, J.T. and Telis, V.R.N. 2004. Application of heat pump in drying of apple cylinders. Proceedings of the 14th international drying symposium [Online]. Available from: <http://www.feq.unicamp.br.pdf> [2006, July 18]
- Grag, M. L., Rudra, P., Blake, R., and Wills, R. 2003. Macadamia nut consumption lowers plasma cholesterol levels in hypercholesterolemic men. Journal of Nutrition.133: 1060-1063[Online]. Available from:<http://www.nuthealth.org/nutrition.php3>[2005, May 25]
- Galliard, T. 1983. Rancidity in Cereal Product. In J.C. Allen and R.J. Hamilton (eds.), Rancidity in food,pp. 109-129. London: Applied Science.
- GENEQ INC. 2008. The drying curve[Online]. Biotechnology. Available from: [www.geneq.com/catalog/en/fbd\\_tornado.html](http://www.geneq.com/catalog/en/fbd_tornado.html)
- Gold Crown Macadamia Association. 2004. Roasting macadamia nuts[Online]. A California Macadamia Growers co-op. Available from: <http://www.macnuts.org/roast.htm> [2008, January 14]

- Gordon, M.H. 2004. Factors Affecting Lipid Oxidation. In R. Steele (ed) Understanding and measuring the shelf-life of food, pp.128-141. Washington, DC: Woodhead Publishing limited.
- Goldmac. 2007. Packaging information[Online]. Gold Australian Macadamia. Available from: <http://www.goldmac.com.au/pgnine.html> [2007, January 14]
- Hamilton, R.A., Yee, W. and Ito, P.J. 1980. Macadamia: Hawaii's desert nut. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii Circular, 485:1-10.
- Hill, T.L., Emmett, P. H. and Joyner, L.G.1951. Calculation of thermodynamic functions Of adsorbed molecules from adsorption isotherm measurement: Nitrogen on graphon. Journal of American Chemical Society. 73:5102-5107.
- Ho, C. T., and Hartman, T.G. 1994. Lipids in food flavors. ACS Symposium Series 558. Washington, DC: American Chemical Society.
- International Macadamias Limited. 2007. Wholesale and retail products[Online]. Available from: <http://www.macadamia.au.com/wholesaleproducts.html> [2007,December 28]
- Irwin, J.W. and Hedges, N. 2004. In R. Steele (ed) Understanding and measuring the shelf-life of food, pp.128-141. Washington, DC: Woodhead Publishing limited.
- Ito, P. J. 1987. Macadamia nut survey and recommendations for Thailand USAID in cooperation with Thailand. Highland Agriculture Research Office.37p.
- Kaijser, A., Dutta, P. and Savage, G. 2000. Oxidative stability and lipid composition of macadamia nuts grown in New Zealand. Food Chemistry. 71:67-70.
- Kermond, P. and Baumgardt, B. 1996. The macadamia: from seed to the Supermarket. (Self published)
- Kowitz, T.J., Mason, R.L. and Yong, G. 1998. Ambient air temperature and relative humidity can limit the on-farm drying of macadamia nut-in-shell. Australian Macadamia Society News Bulletin. 25: 67-72.
- Kowitz, T.J. 2004. Drying macadamia nut-in-shell on-farm. PhD's Thesis. School of Land and Food Sciences, The University of Queensland. Queensland: Australia.

- Leverington, R.E. 1971. The macadamia nut industry. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation Research Quarterly. 31: 57-65.
- Lievonen, S.M., Laaksonen, T.J. and Roos, Y.H. 2002. Nonenzymatic browning in food Models in the vicinity of glass transition: effect of fructose, glucose and xylose as reducing sugar. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50: 7034-7041.
- Macfalane, N. and Harris, R.V. 1981. Macadamia nuts as an edible oil source. In E.H. Pryde; L.H. Princen; K.D. Mukherjee (eds), New Sources of Fats and Oils. American Oil Chemistry Society Champaign. West Government Printer. NSW.
- Mason, R.L. and McConachie, I. 1994. A hard nut to crack. Food Australia. 46:466-471.
- Mason, R.L. and Wills, R.B.H. 1983. Evaluation of the use of specific gravity as an objective index of the quality of Australian macadamias. Food Technology Australia. 35: 245,247-248.
- Mason, R.L. 1983. The effect of harvest time and method on the quality of macadamia nuts. Food Technol. Austr. 35: 184-185.
- Moltzau, R.H. and Ripperton, J.C. 1939. Processing of macadamia. Hawaii Agricultural Experiment Station University of Hawaii. Bulletin no.83 June: pp.31.
- Murthi, T.N., Sharma, M., Devdhara, V.D., Chatterjee, S. and Chakraborty, B.K. 1987. Storage stability of edible oils and their blends. Journal of Food Science and Technology India. 13: 28-30.
- Nambucca macnuts Pty Ltd. 2007. Grow-process. Available form: <http://www.macnuts.com.au/grow-process.htm>[2007, January 25]
- Prichavudhi, K. and Yamamoto, H.Y. 1965. Effect of drying temperature on chemical composition and quality of macadamia nuts. Food Technology. 19: 129-132.
- Rizvi, S.S.H. and Benado, A.L. 1984. Thermodynamics properties of dehydrated food. Food Technology. 38: 83-92.
- Robards, K., Kerr, A.F. and Patsalides, E. 1988. Rancidity and its measurement in edible oils and snack food. A review. Analyst. 113: 213.
- Rosenthal, L., Merin, U. and Kadman, A. 1986. Comparison of some properties of Macadamia nuts of the *Yonik* and *Beaumont* cultivars. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 19: 53-55.

- Rostrevor macadamia farm. 2006. Macadamia farm for sale[Online].  
Available from: <http://www.macadamia.net.au>[2006, March 15]
- Salmolin, L.A. and Grosvenor, M.B. 2000. Nutrition science & application 3<sup>rd</sup> ed.  
Virginia: Saunders College Publishing. p. 128-163.
- Slack, C.R. 1965. The physiology of sugar cane. VIII diurnal fluctuations in the activity of soluble invertase in elongation internodes. Australian Journal of Biological Science. 18: 781-788.
- Silva, F.A., Marsaioli, A.J., Maximo, G.J., Silva, M.A.A.P. and Goncalves, L.A.G. 2005. Microwave assisted drying of macadamia nuts. Journal of Food Engineering. 77: 550-558.
- South Derbyshire District Council. 2007. Heat pump[Online]. Available from:  
<http://www.south-derbys.gov.uk/Environment/Energy/renewable/heatpumps.htm>  
[2007, May 25]
- Storey, W.B. 1969. Macadamia. In R.A. Jaynes (ed.), Handbook of North American nut Trees, pp.321-335. Knoxville: North nut growers association.
- TRIPER INC. 2008. Grain Bins[Online]. Available from:[http://www .triplerinc.com/Grainbins.htm](http://www.triplerinc.com/Grainbins.htm) [2008, January 17]
- Trochoulias, T., Chalker, F.C. and Loebel, M.R. 1984. Macadamia Culture. Department of Agriculture, New South Wales.p. 1-11.
- Trochoullias, T., Baigent, R., O'Brien, D. and Musgrave, I. 1986. Macadamia shelf-life prediction and packaging of raw kernels. California Macadamia Society Yearbook. 32: 40-41.
- USDA. 2007. National Nutrient Database for Standard Reference Release 20. Nuts, macadamia nuts, raw[Online]. USDA
- USDA. 2003/2004. Macadamia situation and outlook in selected countries[Online]. World Horticultural Trade and U.S. Export Oppurtinities. Available from:  
[http://www.fas.usda.gov/htp/Hort\\_Circular/2004/04-02-04.pdf](http://www.fas.usda.gov/htp/Hort_Circular/2004/04-02-04.pdf)[2008 February 12]
- Wall, M.M. and Gentry, T. S. 2006. Carbohydrate composition and color development during drying and roasting of macadamia nuts (*Macadamia integrifolia*) Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 40: 587–593.

- Weinert, A.G.I. 1993. Macadamia nut processing[Online]. The Southern African Macadamia Growers Association Yearbook. Available from: [http://www.samac.org.za/growershandbook/File cover.pdf](http://www.samac.org.za/growershandbook/File%20cover.pdf) [2005, May 25]
- Whitfield, F. B. 1992. Volatiles from the interactions of the Maillard reaction and lipids. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 31: 1-58.
- World prout assembly. 2006. Positive sentiments are the real weapons to build society[Online]. Available from: [http://www.worldproutassembly.org/archives/2006/06/positve\\_sentime.html](http://www.worldproutassembly.org/archives/2006/06/positve_sentime.html)[2008, January 18]



ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก. วิธีการวิเคราะห์

### ก.1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของแมคคาตาเมีย

ดัดแปลงจากวิธี Wall และ Gentry (2006) โดยใช้อุณหภูมิในการอบ 70 องศาเซลเซียส ความดัน 90 mbar เปลี่ยนเวลาการอบแห้งจาก 18 ชั่วโมง เป็น 24 ชั่วโมง

#### อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ตู้อบแห้งสุญญากาศ (Gallenkamp, Japan)
2. เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น CP3202S, Germany)
3. ถ้วยอลูมิเนียมขนาดใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.3 เซนติเมตร สูง 6.4 เซนติเมตร และขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร สูง 4.6 เซนติเมตร
4. ภาชนะอลูมิเนียมกว้าง 12.4 เซนติเมตร ยาว 16 เซนติเมตร
5. โถดูดความชื้น

#### วิธีการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่างแมคคาตาเมีย
  - 1.1 กะเทาะกะลาแมคคาตาเมียด้วยค้อนและที่จับ ดังรูป ก.1 โดยแมคคาตาเมียทั้งกะลา 2 เมล็ดต่อ 1 ตัวอย่าง
    - กะลาแมคคาตาเมีย: ใช้ค้อนทุบให้แตกเป็นชิ้นเล็ก ขนาดประมาณ 0.5 X 0.5 เซนติเมตร
    - เนื้อในแมคคาตาเมีย: ใช้มีดหั่นบางๆ
2. การหาความชื้น
  - 2.1 นำถ้วยอลูมิเนียมไปอบที่อุณหภูมิ  $103 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ซึ่งน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมเก็บไว้
  - 2.2 ชั่งน้ำหนักกะลาแมคคาตาเมีย 1 ตัวอย่าง ลงในถ้วยอลูมิเนียมขนาดใหญ่ และชั่งน้ำหนักเนื้อในแมคคาตาเมีย 1 ตัวอย่าง ลงในถ้วยอลูมิเนียมขนาดเล็ก ดังรูป ก.2 บันทึกค่าน้ำหนักเก็บไว้
  - 2.3 นำถ้วยอลูมิเนียมที่มีกะลาแมคคาตาเมีย และเนื้อในแมคคาตาเมีย เข้าตู้อบสุญญากาศ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความดัน 90 mbar โดยเปิดฝาถ้วยอลูมิเนียมตลอดการอบแห้ง ทำการอบแห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.4 นำด้วยอลูมิเนียมออกจากตู้อบ และปิดฝาด้วยอลูมิเนียมทันที แล้วทิ้งให้เย็น ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักด้วยอลูมิเนียมพร้อมตัวอย่าง และบันทึกค่าน้ำหนักที่ได้

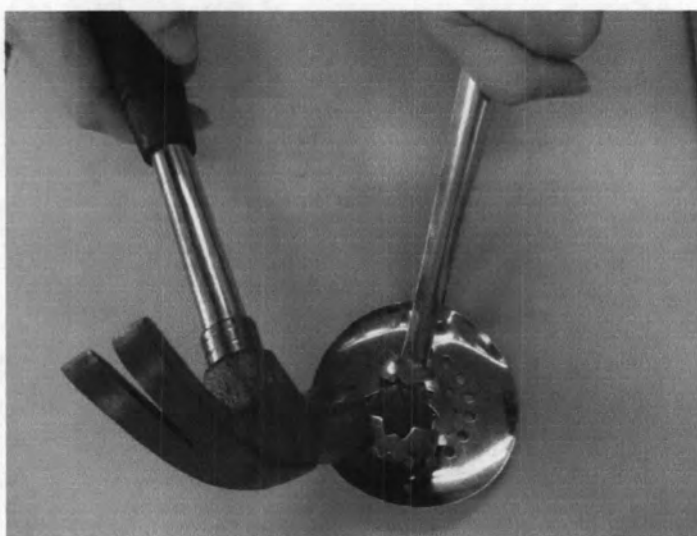
2.5 นำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{ความชื้น(\% w.b.)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบแห้ง} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบแห้ง}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบแห้ง}}$$

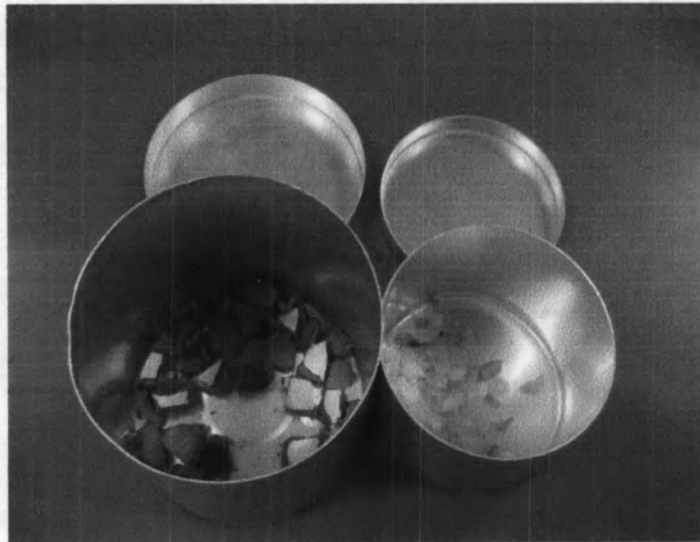
$$\text{ความชื้น(\% d.b.)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบแห้ง} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบแห้ง}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบแห้ง}}$$

ความชื้นแมคคาดาเมียทั้งกะลา (Nut in Shell: NIS) (% d.b.)

$$= \frac{\{(\text{ความชื้นกะลา} \times \text{น้ำหนักกะลา}) + (\text{ความชื้นเนื้อใน} \times \text{น้ำหนักเนื้อใน})\}}{(\text{น้ำหนักกะลา} + \text{น้ำหนักเนื้อใน})}$$



รูปที่ ก.1 อุปกรณ์กะเทาะกะลามะคาดาเมีย



รูปที่ ก.2 ถ้วยอลูมิเนียมหาความชื้นแมคคาตาเมีย

## ก.2 การเพิ่มความชื้นแมคคาตาเมีย (Rewetting)

### อุปกรณ์

กล่องพลาสติกฝาขอบยาง

น้ำกลั่น

### วิธีการทดลอง

1. หาความชื้นแมคคาตาเมียทั้งกะลาเริ่มต้น
2. คำนวณปริมาณน้ำที่ต้องเติม ตามสูตร

	$W_f$	=	$\frac{(1 - MC_i) \times W_i}{(1 - MC_f)}$
	$W_w$	=	$W_f - W_i$
เมื่อ	$W_i$	=	น้ำหนักเริ่มต้น (g)
	$W_f$	=	น้ำหนักสุดท้าย (g)
	$W_w$	=	น้ำหนักน้ำที่ต้องใส่เพิ่ม (g)
	$MC_i$	=	ความชื้นเริ่มต้นแมคคาตาเมียทั้งกะลา % (w.b.)
	$MC_f$	=	ความชื้นสุดท้ายแมคคาตาเมียทั้งกะลาที่ต้องการ % (w.b.)

3. เติมน้ำลงในกล่องพลาสติกฝาขอบยาง ตามปริมาตรที่คำนวณได้จากข้อ 2
4. คลุกให้เข้ากัน ให้น้ำกระจายอย่างทั่วถึง ดังรูป ก.3 เก็บที่ตู้แช่เย็นอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ทำการคลุกเคล้าทุกวันเป็นเวลา 6 วัน



รูปที่ ก.3 แมคคาตาเมียขณะเพิ่มความชื้น

### ก.3 การอบแห้งแมคคาตาเมียแบบเครื่องเป่าความร้อนและเครื่องอบลมร้อน

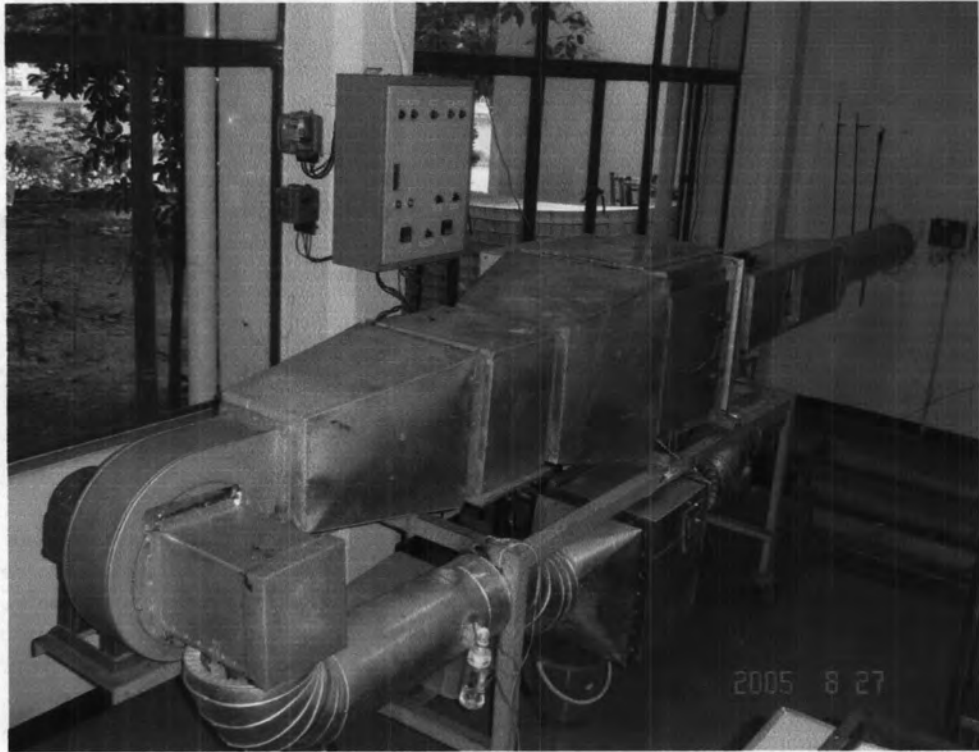
#### อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น CP320S, Germany)  
(คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)
2. เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศในห้องอบแห้งที่ตำแหน่งทางเข้าและทางออกของห้องอบแห้ง วัดโดยเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล ของบริษัท YOKOGAWA, รุ่น  $\mu r$  1800 ให้ความละเอียด  $\pm 0.1$  องศาเซลเซียส (คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)
3. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ในห้องอบแห้งที่ตำแหน่งทางเข้าและทางออก ของห้องอบแห้ง (SILA รุ่น AP-1701) วัดความชื้นได้ในช่วง 10-90% ที่ความละเอียด  $\pm 0.1\%$  คณะพลังงานและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)

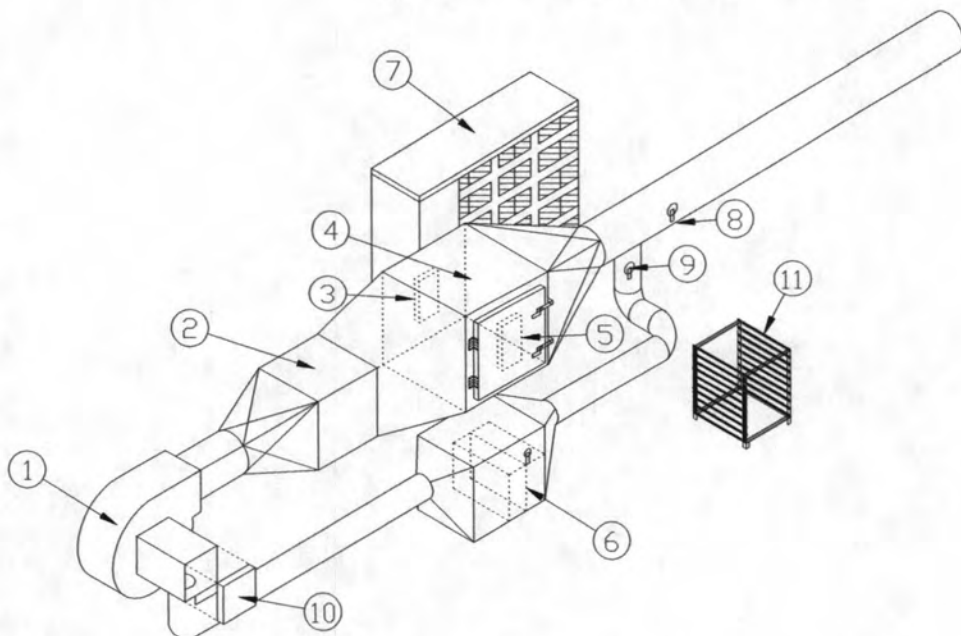
4. เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนและแบบบีบความร้อน (คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในงานวิจัยดังแสดงในรูปที่ ก.4 เป็นเครื่องอบแห้งที่สามารถใช้เป็นที่ทั้งเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและเครื่องอบแห้งแบบบีบความร้อน รูปที่ ก.5 แสดงส่วนประกอบเครื่อง





รูปที่ ก.4 เครื่องอบแห้งที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ ก.5 ส่วนประกอบเครื่องอบแห้ง ประกอบด้วย (1) พัดลม; (2) ฮีทเตอร์; (3) และ (5) หลอดรังสีอินฟราเรดไกล; (4) ห้องอบแห้ง; (6) Evaporator; (7) Condensor; (8) และ (9) วาล์ว; (10) ฝาครอบ; (11) ถาด

### หลักการการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน

การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระบบด้วยกันคือ ระบบปั๊มความร้อนและระบบอบแห้ง ผลจากการทำงานของระบบปั๊มความร้อนจะส่งผลต่อเนื่องไปยังระบบอบแห้ง ระบบปั๊มความร้อนทำงานโดยใช้เครื่องอัดไอแบบโรตารี (Compressor) ขนาด 0.65 กิโลวัตต์ อัดสารทำความเย็น R-22 ให้มีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น จนเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอร้อนยวดยิ่งแล้วเคลื่อนที่ผ่านไปยังเครื่องควบแน่น (Condenser) ขนาด 3.5 กิโลวัตต์ ซึ่งสารทำความเย็นจะระบายความร้อนให้กับอากาศแวดล้อมแล้วเปลี่ยนสถานะเป็นสารทำความเย็นเหลว จากนั้นสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นของเหลวจะเคลื่อนที่ผ่านวาล์วขยายตัว (Expansion valve) ทำให้ความดันลดลง มีอุณหภูมิต่ำลง และอยู่ในสถานะสารผสมระหว่างของเหลวและไอ เคลื่อนที่ต่อไปยังเครื่องทำระเหย (Evaporator) ขนาด 2 กิโลวัตต์ เพื่อดูดกลืนความร้อนจากอากาศร้อนชื้นที่ออกจากห้องอบแห้ง และสารทำความเย็นหลังผ่านเครื่องทำระเหยจะเปลี่ยนสถานะจากสารผสมเป็นไออิ่มตัว ไหลกลับเข้าสู่เครื่องอัดไวนเวียนเป็นวัฏจักรอย่างนี้ไปจนสิ้นสุดการทดลอง สำหรับในระบบอบแห้งการทำงานจะเริ่มจากอากาศอบแห้งที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ที่ผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนกับเครื่องทำระเหยในระบบปั๊มความร้อนมาแล้วถูกดูดโดยพัดลม และผ่านไปยังขดลวดความร้อน (Heater) โดยอากาศภายนอกจะถูกดูดผ่านเข้ามาในตัวเครื่องอบแห้งโดยพัดลมชนิดแรงเหวี่ยงโค้งหน้า (Forward Curved Blade Centrifugal Fan) ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 2.2 กิโลวัตต์ แล้วเคลื่อนที่ผ่านขดลวดความร้อน (Heater) 3 ตัว ขนาดตัวละ 1000 กิโลวัตต์ โดยที่ขดลวดความร้อน 2 ตัวจะทำงานตลอดเวลา และตัวขดลวดที่ 3 จะใช้เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิอบแห้งด้วยระบบ PID (HITACHI รุ่น J100 ความละเอียด  $\pm 1$  องศาเซลเซียส) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้ได้ประมาณ 50 - 70 องศาเซลเซียส ตามภาวะการอบแห้ง อากาศเข้าไปยังห้องอบแห้งเพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับแมคคาตาเมียจนแมคคาตาเมียมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้น้ำภายในแมลิตระเหยสู่อากาศ อากาศหลังจากอบแห้งแมคคาตาเมียแล้วจะมีอุณหภูมิต่ำลง และความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นไปผ่านวาล์ว 9 และผ่านเครื่องทำระเหยเพื่อดึงความชื้นออกจากอากาศอบแห้ง โดยการควบแน่นไอน้ำทำให้อากาศที่ไหลออกจากเครื่องทำระเหยมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำลง ก่อนถูกดูดกลับเข้าสู่เครื่องอบแห้งอีกครั้งหนึ่งโดยพัดลม

### หลักการการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

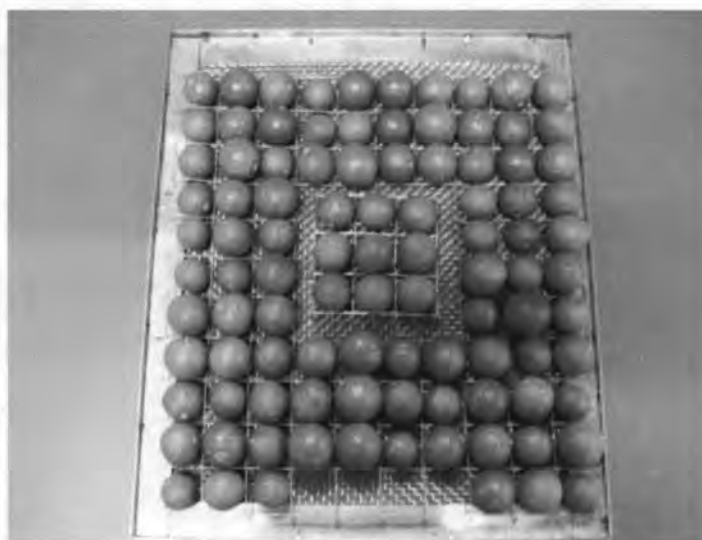
ในการอบแห้งแบบลมร้อน อากาศภายนอกจะถูกดูดผ่านเข้ามาในตัวเครื่องอบแห้งโดยวิธีเดียวการอบแห้งแบบปั๊มความร้อน เพื่อให้ได้อุณหภูมิอบแห้งประมาณ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นลมร้อนจะเคลื่อนที่เข้าสู่ห้องอบแห้งที่มีถาดบรรจุแมคคาตาเมียซึ่งอยู่บริเวณกลางห้องอบแห้งจำนวน 2 ถาด โดยถาด 1 อยู่ด้านบน ถาด 2 อยู่ด้านล่างตามลำดับ ถาดแต่ละถาดบรรจุแมคคาตา



เมียบ 100 เมล็ด รวมแมคคาดาเมียที่ใช้ในการอบทั้งหมด 200 เมล็ด ในถาดแต่ละถาดจะมีตะแกรงเล็กบรรจุแมคคาดาเมียจำนวน 9 เมล็ด อยู่บริเวณกลางถาดเพื่อเป็นตัวแทนแมคคาดาเมียทั้งหมด ในระหว่างการอบแห้งเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาดาเมียเมื่ออากาศร้อนพัดผ่านพื้นผิวของแมคคาดาเมียจะเกิดการถ่ายเทความร้อนให้กับผิวของแมคคาดาเมีย ส่งผลให้ความชื้นระเหยออกจากแมคคาดาเมียไปยังอากาศอบแห้งทำให้แมคคาดาเมียมีความชื้นลดลง จากนั้นอากาศร้อนที่มีความชื้นปะปนจะเคลื่อนที่ออกจากห้องอบแห้งไปยังท่อทางออกผ่านวาล์วหมายเลข 8 แสดงในรูปที่ ก.3) ซึ่งจะควบคุมให้อากาศร้อนถูกปล่อยทิ้งไป

#### วิธีการอบแห้งแมคคาดาเมียด้วยเครื่องอบแห้งแบบบีบความร้อนและลมร้อน

1. เปิดเครื่องอบแห้งทิ้งไว้ก่อนอบแห้งแมคคาดาเมียประมาณ 30 นาทีเพื่อให้เครื่องอบแห้งทำงานคงที่ โดยตั้งอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งตามภาวะการอบแห้ง กำหนดความเร็วลม 0.3 m/s
2. นำแมคคาดาเมียที่ทราบความชื้นเริ่มต้นเรียงในถาดอบแห้งขนาด 10x11 ช่อง บริเวณกลางถาดอบแห้ง วางซ้อนด้วยตะแกรงเล็กขนาด 3x3 ช่อง บรรจุแมคคาดาเมีย 9 เมล็ด ดังแสดงในรูปที่ ก.4



รูปที่ ก.6 การวางแมคคาดาเมียในถาดอบแห้ง

3. ชั่งน้ำหนักตะแกรงเล็กที่บรรจุแมคคาดาเมียเป็นน้ำหนักเริ่มต้นในการอบแห้ง
4. เริ่มการอบแห้ง โดยชั่งน้ำหนักตะแกรงเล็ก ทุก 15 นาที 4 ครั้ง ทุก 30 นาที 2 ครั้ง และ ทุก 45 นาที 2 ครั้ง หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักทุก 1 ชั่วโมง จนได้ความชื้นสุดท้ายตามต้องการ

5. นำค่าน้ำหนักที่เวลาต่างๆสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาตาเมียทั้งกะลา

#### ก.4 การวัดค่า Water activity ( $a_w$ )

##### อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องวัด Water activity (เครื่อง AquaLab รุ่น AquaLink 3.0, USA)
2. ตลับวัด  $a_w$

##### วิธีการทดลอง

1. Double click ที่ icon ของ AquaLink 3.0 เพื่อเข้าสู่โปรแกรม AquaLink 3.0
2. เปิดเครื่องทิ้งไว้ 30 นาที ก่อนการใช้งาน
3. เตรียมน้ำกลั่น และตัวอย่างเนื้อในแมคคาตาเมียใส่ตลับวัด  $a_w$  รอให้อุณหภูมิในช่องวัดตัวอย่างอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส
4. คลิกที่ปุ่ม connect เพื่อให้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์
5. Calibrate เครื่องโดยการวัดด้วยน้ำกลั่น นำตลับวัด  $a_w$  ที่บรรจุน้ำกลั่นใส่ในช่องวัดตัวอย่าง รอเครื่องอ่านค่า ไฟสีเขียวจะกระพริบเมื่อเครื่องอ่านค่า  $a_w$  แล้ว ค่า  $a_w$  ของน้ำกลั่นควรอยู่ในช่วง  $1.0 \pm 0.003$
6. วัดค่า  $a_w$  ตัวอย่าง แมคคาตาเมียที่เตรียมจากข้อ 3

#### ก.5 การวัดค่าสี

##### อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องวัดสี Color Flex (HunterLab รุ่น 45/0, USA)
2. Port size ขนาด 0.5 นิ้ว
3. ชุดแผ่น Calibrate

##### วิธีการทดลอง

1. Double Click ที่ Icon ของ Spectrophotometer Universe เพื่อเข้าสู่โปรแกรม Spectrophotometer Universe
2. คลิกที่ Standardize บนเมนูหลัก
3. เลือก Port size ขนาด 0.50 นิ้ว กดปุ่ม OK

4. วางแผ่น Calibrate สีดำ ให้ปุ่มสีขาวด้านบนบนแผ่น Calibrate หันออกด้านนอก กดปุ่ม OK

5. วางแผ่น Calibrate สีขาว ให้ปุ่มสีขาวด้านบนบนแผ่น calibrate หันออกด้านนอก กดปุ่ม OK. รอจนเครื่องขึ้นว่า Sensor successfully standardized กดปุ่ม OK.

6. ทดลองอ่านค่าแผ่น Calibrate สีขาว โดย Click ที่ Read Standard บนเมนูหลัก ค่าที่ได้ต้องอยู่ในช่วงดังนี้ X  $78.89 \pm 0.3$  Y  $83.78 \pm 0.3$  Z  $87.74 \pm 0.3$  (ถ้าไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด ต้องทำ Standardize ใหม่)

7. นำตัวอย่างเนื้อในแมคคาตาเมียวางบนฐานของเครื่องให้ปิดช่อง Port size ให้สนิท Click ที่ Read Sample บนเมนูหลัก

8. วัดค่าสีแมคคาตาเมีย จำนวน 20 เมล็ด

- วัดค่าสีภายนอกแมคคาตาเมีย เมล็ดละ 6 จุด (ฐาน 1 จุด ข้างฐาน 2 จุด ข้างยอด 2 จุด และยอด 2 จุด)

- วัดค่าสีภายในแมคคาตาเมีย เมล็ดละ 6 จุด โดยผ่าครึ่งแมคคาตาเมียตามแนวใบเลี้ยง วัดข้างละ 3 จุด โดยค่าที่ได้จะรายงานเป็น CIE L\*a\*b\* แหล่งแสง D65 มุมการมอง 10 องศา

$$\text{คำนวณค่า } \Delta E \text{ โดย } \Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

$$\Delta L^* = L^* \text{ หลังอบแห้ง} - L^* \text{ ก่อนอบแห้ง}$$

$$\Delta a^* = a^* \text{ หลังอบแห้ง} - a^* \text{ ก่อนอบแห้ง}$$

$$\Delta b^* = b^* \text{ หลังอบแห้ง} - b^* \text{ ก่อนอบแห้ง}$$

ก.6 ค่าเปอร์ออกไซด์ Official Method Cd 8-53 ดัดแปลงจาก AOCS (1998)

#### อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Flask 250 มิลลิลิตร
2. บีเปต 0.1 มิลลิลิตร
3. บิวเรต

#### สารเคมี

1. สารละลายผสม Chloroform : Acetic acid ในอัตราส่วน 3:2
2. สารละลาย Potassium Iodide อิมัตัว
3. สารละลายน้ำแป้ง 1%
4. สารละลาย Sodium Thiosulfate ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) 0.01 M

5. Potassium dichromate

6. Hydrochloric acid 1 M

## วิธีการทดลอง

### 1. การเตรียมสารเคมี

#### 1.1. สารละลาย Potassium Iodide อิมัตว

เติม Potassium Iodide ปริมาณมากเกินพอ ในน้ำเดือด และระหว่างการทดลองต้องมีผลึกของ Potassium Iodide อยู่ตลอดเวลา เก็บสารละลายในที่มืด

#### 1.2. สารละลายน้ำแป้ง 1%

ละลาย Soluble Starch 1 g ในน้ำเย็นเล็กน้อย จากนั้นเติมลงน้ำเดือด 100 มิลลิลิตร ต้มและคนตลอดเวลา ประมาณ 1 นาที

#### 1.3. สารละลายมาตรฐาน Sodium Thiosulfate

ละลาย Sodium Thiosulfate 12.5 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร ต้มให้เดือด 5 นาที และเทใส่ขวดทันที เก็บสารละลายในที่มืด

### 2. การ Standardize สารละลาย Sodium Thiosulfate

#### 2.1. ชั่ง Potassium dichromate 0.1 - 0.12 กรัม เติลงใน Glass-stoppered

Flask

#### 2.2. ละลาย Potassium Iodine 2 กรัม ในน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร เติม HCl 1 M

20 มิลลิลิตร เขย่าเก็บในที่มืดทันทีเป็นเวลา 10 นาที

2.3. ไตเตรทด้วย สารละลาย Sodium Thiosulfate ที่เตรียมในข้อ 1.3 หลังจากนั้น ไตเตรทไประยะหนึ่งให้เติมสารละลายแป้งลงไปเล็กน้อย ไตเตรทต่อจนสารละลายเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีฟ้า

#### 2.4. คำนวณความเข้มข้นของ Sodium Thiosulfate โดยใช้สูตร

$$\text{Molarity (mol/L)} = \frac{\text{น้ำหนัก } K_2Cr_2O_7 \text{ (กรัม)} \times 100}{\text{ปริมาตร } Na_2S_2O_3 \text{ (ml)} \times 49.032}$$

### 3. การสกัดน้ำมัน

3.1. สกัดน้ำมันจากเนื้อในแมคคาดาเมียด้วยชุดสกัดไขมัน Soxhlet extractor 4 ชั่วโมงโดยใช้ Petroluem ether เป็นตัวสกัด

3.2. ระเหย Petroluem Ether ด้วยเครื่องระเหย (Rotary Vacuum Evaporator EYELA N-N series, Japan) กำหนดอุณหภูมิ 45 °C เป็นเวลา 45 นาที

#### 4. การวิเคราะห์

4.1. นำน้ำมันที่สกัดได้  $5.00 \pm 0.05$  g. เติมลง Flask

4.2. เติมสารละลายผสม Chloroform : Acetic acid 3 : 2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร

เขย่าให้น้ำมันละลาย

4.3. เติม Potassium Iodide อิมิตัว 0.5 มิลลิลิตร โดยใช้ปิเปต เขย่าแล้วเก็บในที่มืดเป็นเวลา 1 นาที

4.4. เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร และสารละลายน้ำแบ่ง 1% 0.5 มิลลิลิตร

4.5. ไตเตรตซ้ำๆ ด้วย Sodium Thiosulfate 0.01 N จนกระทั่งสีของไอโอดีนหายไป บันทึกปริมาตรที่ใช้ คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ตามสูตร

$$\text{ค่าเปอร์ออกไซด์} = \frac{(\text{ปริมาตร Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ 0.01 N ที่ใช้} \times \text{ความเข้มข้น Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 1000)}{\text{น้ำหนักน้ำมัน (g)}}$$

(meqO<sub>2</sub>/kg oil)

#### ก.7 การวิเคราะห์ปริมาณ Reducing Sugar ด้วยวิธี DNSA Method (AOAC., 1995)

##### อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. UV/Vis Spectrophotometer (Jasco รุ่น V530, Japan)
2. หลอดทดลองและที่วางหลอดทดลอง
3. ปิเปต 1 และ 5 มิลลิลิตร
4. Volumetric flask 50 และ 250 มิลลิลิตร
5. Water bath
6. บีกเกอร์ 150 มิลลิลิตร

##### สารเคมี

1. Dinitrosalicylic Acid
2. Sodium Hydroxide 2M
3. Potassium Sodium Tartrate (Rochelle salt)
4. สารละลายน้ำตาลอินเวอร์ตมาตรฐาน

## วิธีการทดลอง

### 1. การเตรียมสาร

#### 1.1. สารละลาย DNSA

1.1.1. ผสม Dinitrosalicylic Acid 1 กรัม กับสารละลาย Sodium Hydroxide ความเข้มข้น 2M ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ให้เข้ากัน

1.1.2. ละลาย Potassium Sodium Tartrate (Rochelle salt) 30 กรัม ในน้ำ 50 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน

1.1.3. ผสมสารละลายข้อ 1.1.1. เข้ากับสารละลายข้อ 1.1.2. คนให้สารละลายจนหมด ปรับปริมาตรสารละลายให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

1.2. สารละลายน้ำตาลอินเวอร์ตมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 และ 0.1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

#### 1.3. เตรียมตัวอย่างแมคคาดาเมีย

1.3.1. นำแมคคาดาเมียที่ผ่านการสกัดไขมัน 2.5 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ 150 มิลลิลิตร

1.3.2. เติมสารละลาย 80% Ethanol : น้ำ = 1:1 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์

1.3.3. ต้มใน Water bath อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที คนเป็นครั้งคราว

1.3.4. ทำให้เย็น เติมลงใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย 80% Ethanol

1.3.5. กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ได้สารละลายตัวอย่าง

### 2. การวิเคราะห์

2.1. ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร และ DNSA 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง

2.2. ปิดฝาหลอดทดลอง เขย่า นำไปแช่ในน้ำเดือด 10 นาที

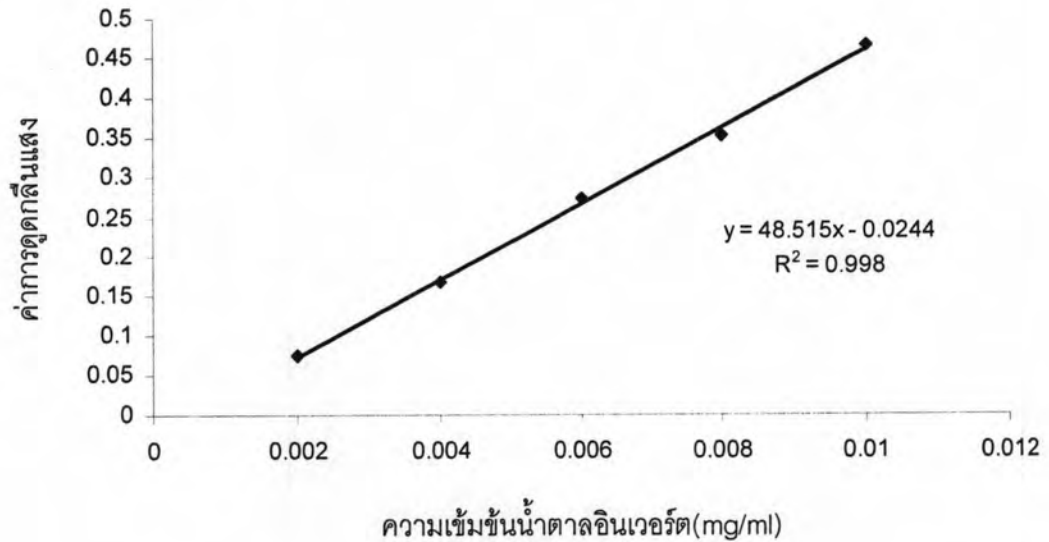
2.3. ทำให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง

2.4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ค่าที่วัดได้เทียบกับ กราฟสารละลายมาตรฐานน้ำตาลอินเวอร์ต

## วิธีสร้างกราฟมาตรฐาน

1. ปิเปตสารละลายน้ำตาลอินเวอร์ตมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 และ 0.1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง

2. ทำการทดลองตามข้อ 2. การวิเคราะห์ นำค่าที่ได้สร้างกราฟมาตรฐาน  
ดังแสดงในรูปที่ ก.5



รูปที่ ก.7 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์น้ำตาลอินเวอร์ต

ก.8 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1995)

#### อุปกรณ์และเครื่องมือ

เครื่องย่อยโปรตีน (Buchi Digestion Unit K-424, Switzerland)

เครื่องกลั่นไนโตรเจน (Buchi Distillation Unit B-324, Switzerland)

#### สารเคมี

1. Selenium Mixture
2. สารละลาย Sodium Hydroxide 35%
3. กรด Hydrochloric 0.1 N
4. สารละลาย Boric Acid 4%
5. กรด Sulfuric เข้มข้น
6. Methyl red Indicator

#### วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างเนื้อในแมคคาดาเมียที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.5 กรัม ใส่ใน Kjeldahl tube

2. เติม Selenium Mixture เพื่อเร่งปฏิกิริยา 5 กรัม และ Sulfuric acid เข้มข้น 20 มิลลิลิตร

3. นำไปย่อยด้วยเครื่อง Buchi Digestion Unit จนกระทั่งสารละลายมีสีเขียวใส

4. ทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำไปกลั่น โดยต่อ Kjeldahl tube เข้ากับเครื่องกลั่น Buchi Digestion Unit ตั้งโปรแกรมเติมน้ำกลั่นประมาณ 50 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย Sodium Hydroxide 35% จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นสีดำ

5. เติม Methyl red Indicator 6 หยด และสารละลาย Boric Acid 4% 45 มิลลิลิตรลงใน Flask นำไปรองรับสาร ใช้เวลาดกลั่น 5 นาที

6. นำสารละลายในขวดรูปชมพู่ที่ได้มาไทเทรตด้วยกรด Hydrochloric 0.1 N จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอ่อน

7. เตรียม Blank โดยเติมน้ำกลั่นในข้อ 1

8. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจน และปริมาณโปรตีนตามสูตร

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%)} = \frac{(V1-V2) \times \text{ความเข้มข้นกรด Hydrochloric} \times 1.4 \times 5.3}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

เมื่อ V1 = ปริมาณกรด HCl ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่างแมคคาดาเมีย

V2 = ปริมาณกรด HCl ที่ใช้ในการไทเทรต Blank

#### ก.9 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 1995)

##### อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ชุดสกัดไขมัน Soxhlet Extractor
2. เครื่องระเหย (Rotary vacuum evaporator EYELA N-N series, Japan)
3. ตู้บลมร้อน (Mettler 600, Germany)
4. ชุดสกัดก้นกลม

##### สารเคมี

Petroleum Ether

##### วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างแมคคาดาเมียประมาณ 2 กรัม ใส่ลงใน Thimble ที่อบจนแห้ง
2. ใส่ thimble ที่มีตัวอย่างแมคคาดาเมียบรรจุอยู่ลงในชุดสกัดที่แห้งสนิท และนำขวดก้นกลมที่แห้งสนิท และทราบน้ำหนักแน่นอนต่อเข้ากับชุดสกัด



3. เติม Petroleum Ether ซึ่งเป็นตัวทำละลายในการสกัดไขมัน 250 มิลลิลิตร ลงในชุดสกัด
4. สกัดไขมันเป็นเวลา 4 ชั่วโมง
5. ระเหย Petroleum Ether ในขวดก้นกลมออกจากส่วนของไขมันที่สกัดได้
6. อบขวดก้นกลมที่อุณหภูมิ  $103 \pm 2$  องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่
7. ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น
8. ชั่งน้ำหนักขวดก้นกลม และคำนวณหาปริมาณไขมันตามสูตร

ปริมาณไขมัน (%) =

$$\frac{\text{น้ำหนักขวดก้นกลมหลังสกัด (กรัม)} - \text{น้ำหนักขวดก้นกลมก่อนสกัด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

#### ก.10 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 1995)

##### อุปกรณ์และเครื่องมือ

- เตาเผา (Muffle furnace, Carbolite CWF 1200, England)
- Crucible

##### วิธีทดลอง

- ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ลงใน Crucible ที่อบแห้ง และทราบน้ำหนักแน่นอน
- นำตัวอย่างไปเผาจนหมดควัน
- นำไปเผาต่อใน Muffle furnace ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว
- ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณเถ้าตามสูตร

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักหลังเผา (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

**ภาคผนวก ข**  
**ข้อมูลผลการทดลอง**

ตารางที่ ข.1 ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาตาเมียทั้งกะลา (Drying curve) ด้วยวิธีปัมความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น	
	%dry basis	%wet basis
0	16.80±0.13	14.38±0.09
0.25	15.75±0.13	13.61±0.10
0.5	15.17±0.19	13.17±0.14
0.75	14.66±0.17	12.78±0.13
1	14.24±0.18	12.46±0.14
1.5	13.54±0.12	11.92±0.10
2	12.94±0.14	11.46±0.11
2.75	12.23±0.17	10.90±0.13
3.5	11.61±0.13	10.40±0.11
4.5	10.87±0.13	9.80±0.11
5.5	10.27±0.10	9.32±0.08
6.5	9.75±0.06	8.89±0.05
7.5	9.33±0.15	8.53±0.13
8.5	8.89±0.14	8.16±0.12
9.5	8.53±0.15	7.86±0.13
10.5	8.16±0.09	7.54±0.07
11.5	7.83±0.12	7.26±0.10
12.5	7.55±0.12	7.02±0.10
13.5	7.31±0.07	6.81±0.06
14.5	7.10±0.07	6.63±0.06
15.5	6.95±0.06	6.50±0.05

ตารางที่ ข.1 ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาดาเมียทั้งกะลา (Drying curve) ด้วยวิธีบีบความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (ต่อ)

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น	
	%wet basis	%dry basis
16.5	6.74±0.07	6.31±0.06
17.5	6.61±0.10	6.20±0.09
18.5	6.35±0.08	5.97±0.08
19.5	6.15±0.13	5.79±0.12
20.5	5.97±0.08	5.63±0.08
21.5	5.78±0.07	5.47±0.06
22.5	5.71±0.09	5.40±0.08
23.5	5.55±0.05	5.26±0.05
24.5	5.31±0.08	5.05±0.07

ตารางที่ ๑.2 ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาดาเมียด้วยวิธีบีบความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้นในการเปลี่ยนระดับการอบแห้ง 8.7% d.b.

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น	
	% dry basis	% wet basis
0	21.23	17.51
0.25	20.40	16.95
0.5	19.77	16.51
0.75	19.23	16.13
1	18.72	15.77
1.5	17.90	15.18
2	17.18	14.66
2.75	16.23	13.96
3.5	15.41	13.35
4.5	14.45	12.63
5.5	13.61	11.98
6.5	12.85	11.39
7.5	12.22	10.89
8.5	11.63	10.42
9.5	11.04	9.94
10.5	10.57	9.56
11.5	10.07	9.15
13.5	9.30	8.51
13.75	9.22	8.44
14	9.01	8.27
14.25	8.84	8.12
14.5	8.66	7.97
14.75	8.54	7.86

ตารางที่ ข.2 ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาดาเมียด้วยวิธีบีบความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้นในการเปลี่ยนระดับการอบแห้ง 8.7% d.b. (ต่อ)

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น	
	% dry basis	% wet basis
15.25	8.27	7.63
15.75	7.95	7.36
17.25	7.32	6.82
18.25	7.00	6.54
19.25	6.68	6.26
20.25	6.36	5.98
21.25	6.12	5.77
22.25	5.87	5.54
23.25	5.63	5.33
24.25	5.38	5.10
25.25	5.14	4.89
26.25	4.95	4.72
27.25	4.81	4.59
28.25	4.65	4.44
29.25	4.49	4.30
30.25	4.35	4.17
31.25	4.22	4.05
32.25	4.11	3.95
33.25	4.00	3.85
34.25	3.87	3.73
35.25	3.77	3.63
36.25	3.71	3.58
37.25	3.55	3.43

ตารางที่ ข.2 ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาตาเมียด้วยวิธีเป่าความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้นในการเปลี่ยนระดับการอบแห้ง 8.7% d.b. (ต่อ)

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น	
	% dry basis	% wet basis
38.25	3.45	3.33
39.25	3.35	3.24
40.25	3.22	3.12
43.25	3.00	2.91
44.25	2.90	2.82
45.25	2.82	2.75
46.25	2.76	2.69
47.25	2.71	2.64
48.25	2.65	2.58
49.25	2.65	2.58
50.25	2.57	2.51
51.25	2.51	2.45
52.25	2.51	2.45

ตารางที่ ข.3 ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาดาเมียด้วยวิธีบีบความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้นในการเปลี่ยนระดับการอบแห้ง 11.11% d.b.

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น	
	% dry basis	% wet basis
0	20.26	16.85
0.25	19.46	16.29
0.5	18.81	15.83
0.75	18.26	15.44
1	17.73	15.06
1.5	16.88	14.44
2	16.14	13.89
2.75	15.16	13.16
3.5	14.39	12.58
4.5	13.40	11.81
5.5	12.55	11.15
6.5	11.79	10.55
7.5	11.13	10.02
8	10.80	9.75
8.25	10.28	9.32
8.5	9.93	9.04
8.75	9.67	8.81
9	9.40	8.59
9.5	8.89	8.17
10	8.53	7.86
10.75	7.93	7.35
11.5	7.50	6.98
12.5	6.93	6.48



ตารางที่ ข.3 ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาดาเมียด้วยวิธีเป่าความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้นในการเปลี่ยนระดับการอบแห้ง 11.11% d.b. (ต่อ)

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น	
	% dry basis	% wet basis
13.5	6.47	6.08
14.5	6.12	5.77
16.5	5.43	5.15
17.5	5.07	4.82
18.5	4.79	4.57
19.5	4.61	4.41
20.5	4.33	4.15
21.5	4.19	4.02
22.5	3.92	3.77
23.5	3.81	3.67
24.5	3.65	3.52
25.5	3.49	3.38
26.5	3.40	3.29
27.5	3.25	3.15
28.5	3.08	2.99
29.5	3.00	2.91
30.5	2.94	2.86
31.5	2.80	2.72
32.5	2.68	2.61
33.5	2.50	2.44
34.5	2.42	2.36
35.5	2.35	2.29
36.5	2.22	2.17



ตารางที่ ข.3 ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาดาเมียด้วยวิธีเป่าความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้นในการเปลี่ยนระดับการอบแห้ง 11.11% d.b. (ต่อ)

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น	
	% dry basis	% wet basis
37.5	2.14	2.10
38.5	2.11	2.07
39.5	2.02	1.98
43.5	1.78	1.75
44.5	1.72	1.69
45.5	1.72	1.69

ตารางที่ ข.4 ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาดาเมียด้วยวิธีบีบความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้นในการเปลี่ยนระดับการอบแห้ง 8.7% d.b.

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น	
	% dry basis	% wet basis
0	21.64	17.79
0.25	20.56	17.05
0.5	19.86	16.57
0.75	19.28	16.16
1	18.78	15.81
1.5	17.88	15.17
2	17.18	14.66
2.75	16.23	13.97
3.5	15.37	13.32
4.5	14.47	12.64
5.5	13.62	11.99
6.5	13.00	11.50
7.5	12.24	10.91
8.5	11.73	10.50
9.5	11.18	10.06
10.5	10.74	9.69
11.5	10.30	9.34
11.75	9.95	9.05
12	9.60	8.76
12.25	9.24	8.46
12.5	8.96	8.22
13	8.39	7.74
13.5	7.96	7.37

ตารางที่ ข.4 ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาดาเมียด้วยวิธีเป่าความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้นในการเปลี่ยนระดับการอบแห้ง 8.7% d.b. (ต่อ)

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น	
	% dry basis	% wet basis
14.25	7.34	6.84
16	6.30	5.93
17	5.84	5.52
18	5.36	5.09
19	5.01	4.77
20	4.69	4.48
21	4.37	4.19
22	3.97	3.82
23	3.76	3.63
24	3.55	3.43
25	3.35	3.24
26	3.15	3.06
27	3.02	2.94
28	2.91	2.83
28.5	2.82	2.74

ตารางที่ ข.5 ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาดาเมียด้วยวิธีบีบความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้นในการเปลี่ยนระดับการอบแห้ง 11.11% d.b.

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น	
	% dry basis	% wet basis
0	21.34	17.59
0.25	20.26	16.85
0.5	19.52	16.33
0.75	18.97	15.94
1	18.43	15.57
1.5	17.55	14.93
2	16.82	14.40
2.75	15.86	13.69
3.5	15.02	13.06
4.5	14.07	12.33
5.5	13.19	11.65
6.5	12.43	11.06
6.83	12.23	10.89
7.08	11.65	10.43
7.33	11.14	10.03
7.58	10.72	9.68
7.83	10.31	9.35
8.33	9.63	8.79
8.83	9.02	8.27
9.58	8.25	7.62
10.33	7.62	7.08
11.33	6.84	6.40
12.33	6.19	5.83

ตารางที่ ข.5 ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาตาเมียด้วยวิธีบีบความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้นในการเปลี่ยนระดับการอบแห้ง 11.11% d.b. (ต่อ)

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น	
	% dry basis	% wet basis
13.33	5.66	5.35
14.33	5.20	4.94
15.33	4.73	4.52
16.33	4.33	4.15
17.33	4.00	3.85
18.33	3.68	3.55
19.33	3.43	3.32
20.33	3.17	3.07
21.33	2.89	2.81
22.33	2.65	2.58
22.75	2.61	2.54

ตารางที่ ข.6 ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาดาเมียด้วยวิธีบีบความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้นในการเปลี่ยนระดับการอบแห้ง 8.7% d.b.

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น	
	% dry basis	% wet basis
0	21.05	17.39
0.25	20.08	16.73
0.5	19.43	16.27
0.75	18.88	15.88
1	18.42	15.55
1.5	17.65	15.00
2	16.83	14.40
2.75	15.99	13.78
3.5	15.21	13.20
4.5	14.32	12.53
5.5	13.48	11.88
6.5	12.78	11.33
7.5	12.18	10.86
8.5	11.58	10.38
9.5	11.05	9.95
10.5	10.60	9.58
11.5	10.16	9.22
12	9.93	9.03
12.25	9.47	8.65
12.5	8.96	8.22
12.75	8.51	7.84
13	8.09	7.48

ตารางที่ ข.6 ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาดาเมียด้วยวิธีบีบความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้นในการเปลี่ยนระดับการอบแห้ง 8.7% d.b. (ต่อ)

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น	
	% dry basis	% wet basis
13.5	7.48	6.96
14	6.95	6.50
14.75	6.11	5.76
15.5	5.33	5.06
16.5	4.61	4.41
17.5	4.08	3.92
18.5	3.60	3.47
19.5	3.26	3.15
20.5	2.93	2.85
21.5	2.51	2.45
22.5	2.24	2.19
22.73333	2.17	2.12

ตารางที่ ข.7 ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาดาเมียด้วยวิธีปัมความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้นในการเปลี่ยนระดับการอบแห้ง 11.11% d.b.

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น	
	% dry basis	% wet basis
0	21.53	17.71
0.25	20.62	17.09
0.5	19.85	16.56
0.75	19.34	16.20
1	18.84	15.85
1.5	18.01	15.26
2	17.26	14.72
2.75	16.34	14.04
3.5	15.41	13.36
4.5	14.41	12.60
5.5	13.60	11.97
6.5	12.85	11.39
6.75	12.07	11.39
7	11.15	10.77
7.25	10.38	10.03
7.5	9.79	9.40
8	8.72	8.91
8.5	7.89	8.02
9.25	6.75	7.32
10	5.85	6.33
11	4.91	5.52
12	4.16	4.68
13	3.50	3.99



ตารางที่ ข.7 ความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาดาเมียด้วยวิธีเป่าความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้นในการเปลี่ยนระดับการอบแห้ง 11.11% d.b. (ต่อ)

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น	
	% dry basis	% wet basis
14	2.97	3.38
15	2.61	2.88

ตารางที่ ข.8 ปริมาณความชื้นแมคคาตาเมียทั้งกะลาหลังการอบแห้งโดยวิธีบีบความร้อนร่วมกับลมร้อน

ภาวะการอบแห้ง	ปริมาณความชื้น (% d.b.)
HA50MC8.7	2.23±0.71
HA60MC8.7	4.11±0.63
HA70MC8.7	4.44±1.09
HA50MC11.11	2.22±0.32
HA60MC11.11	4.09±0.52
HA70MC11.11	6.20±1.15

ตารางที่ ข.9 ค่า  $a_w$  เนื้อในแมคคาตาเมียหลังการอบแห้งโดยวิธีบีบความร้อนร่วมกับลมร้อน

ภาวะการอบแห้ง	ค่า $a_w$
HA50MC8.7	0.60±0.01
HA60MC8.7	0.63±0.05
HA70MC8.7	0.69±0.01
HA50MC11.11	0.58±0.02
HA60MC11.11	0.68±0.02
HA70MC11.11	0.69±0.02

ตารางที่ ข.10 ค่าสี L\* a\* b\* ค่าการเปลี่ยนแปลงสี ( $\Delta E$ ) ภายนอกและภายในของเนื้อในแมมคาตาเมียหลังการอบแห้งโดยวิธีบีบความร้อนร่วมกับลมร้อน

ภาวะการ อบแห้ง	ภายนอก			ภายใน				
	L* <sup>ns</sup>	a*	b* <sup>ns</sup>	$\Delta E$ <sup>ns</sup>	L* <sup>ns</sup>	a* <sup>ns</sup>	b*	$\Delta E$
HA50MC8.7	66.83±3.22	2.11±1.02 <sup>a</sup>	26.11±1.68	7.47±2.57	67.31±7.76	0.38±1.19	20.33±1.80 <sup>c</sup>	9.43±4.91 <sup>ab</sup>
HA60MC8.7	60.67±6.92	3.12±1.31 <sup>bc</sup>	23.80±3.50	8.15±5.53	60.51±10.39	0.65±1.65	18.09±2.40 <sup>ab</sup>	11.17±5.33 <sup>bc</sup>
HA70MC8.7	60.70±6.73	3.54±1.37 <sup>c</sup>	25.26±3.31	8.33±5.63	61.72±9.74	0.59±0.58	18.56±2.43 <sup>ab</sup>	10.62±7.22 <sup>bc</sup>
HA50MC11.11	63.82±5.61	3.44±1.54 <sup>c</sup>	24.38±2.69	7.48±2.66	63.23±7.02	0.98±0.89	19.18±1.75 <sup>bc</sup>	6.50±4.74 <sup>a</sup>
HA60MC11.11	63.19±6.50	2.44±0.87 <sup>ab</sup>	23.19±3.08	6.69±4.62	59.13±8.51	0.34±0.84	18.97±2.83 <sup>bc</sup>	9.85±3.81 <sup>ab</sup>
HA70MC11.11	62.93±4.34	2.84±1.45 <sup>abc</sup>	25.87±3.13	6.36±3.13	56.75±8.35	0.95±0.85	17.21±1.86 <sup>a</sup>	14.18±6.36 <sup>c</sup>

a,b,c,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ ข.11 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของเนื้อในแมคคาดาเมียหลังอบแห้งในการอบแห้งโดยวิธีบีบความร้อนร่วมกับลมร้อน

ภาวะการอบแห้ง	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง <sup>ns</sup> (g/100g)
HA50MC8.7	0.64±0.06
HA60MC8.7	0.51±0.01
HA70MC8.7	0.53±0.02
HA50MC11.11	0.61±0.02
HA60MC11.11	0.52±0.05
HA70MC11.11	0.56±0.04

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ ข.12 ค่าเปอร์ออกไซด์ของเนื้อในแมคคาดาเมียหลังอบแห้งในการอบแห้งโดยวิธีบีบความร้อนร่วมกับลมร้อน

ภาวะการอบแห้ง	ค่าเปอร์ออกไซด์ (meqO <sub>2</sub> /kg oil)
HA50MC8.7	4.79±0.01 <sup>c</sup>
HA60MC8.7	5.75±0.22 <sup>e</sup>
HA70MC8.7	5.39±0.11 <sup>d</sup>
HA50MC11.11	4.00±0.00 <sup>a</sup>
HA60MC11.11	4.27±0.06 <sup>b</sup>
HA70MC11.11	13.58±0.07 <sup>f</sup>

a,b,c,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ข.13 ปริมาณความชื้นของเนื้อในแมคคาดาเมียในบรรจุภัณฑ์ถุง OPP/AL/PE/LLDPE และบรรจุภัณฑ์ถุง Nylon ในกล่องกระดาษ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	ปริมาณความชื้น (% dry basis)	
	บรรจุภัณฑ์ ถุง OPP/AL/PE/LLDPE <sup>ns</sup>	บรรจุภัณฑ์ ถุง LLDPE ในกล่องกระดาษ <sup>ns</sup>
0	1.47±0.08	1.47±0.08
2	1.70±0.07	1.74±0.21
3	1.70±0.05	2.00±0.01
4	1.91±0.22	2.10±0.13

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ ข.14 ค่า  $a_w$  ของเนื้อในแมคคาดาเมียในบรรจุภัณฑ์ถุง OPP/AL/PE/LLDPE และบรรจุภัณฑ์ถุง Nylon ในกล่องกระดาษ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่า $a_w$	
	บรรจุภัณฑ์ ถุง OPP/AL/PE/LLDPE	บรรจุภัณฑ์ ถุง LLDPE ในกล่องกระดาษ
0	0.34±0.01 <sup>a</sup>	0.34±0.01 <sup>a</sup>
2	0.42±0.02 <sup>b</sup>	0.45±0.01 <sup>c</sup>
3	0.41±0.01 <sup>b</sup>	0.46±0.00 <sup>c</sup>
4	0.42±0.00 <sup>b</sup>	0.46±0.01 <sup>c</sup>

a,b,c....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ข.15 ค่าสี L\* a\* b\* ภายนอกและภายในของเนื้อในแมคคาดาเมียในบรรจุภัณฑ์ถุง OPP/AL/PE/LLDPE และบรรจุภัณฑ์ถุง Nylon ในกล่องกระดาษเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1 เดือน

ระยะการเก็บรักษา (สัปดาห์)	บรรจุภัณฑ์ ถุง OPP/AL/PE/LLDPE						บรรจุภัณฑ์ ถุง Nylon ในกล่องกระดาษ					
	ภายนอก <sup>ns</sup>			ภายใน <sup>ns</sup>			ภายนอก <sup>ns</sup>			ภายใน <sup>ns</sup>		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	70.14±2.42	1.74±0.97	26.86±1.31	73.62±3.25	-1.56±0.83	22.12±1.98	70.14±2.42	1.74±0.97	26.86±1.31	73.62±3.25	-1.56±0.83	22.12±1.98
2	69.53±1.92	1.26±0.84	25.50±1.68	72.20±2.67	-1.00±1.01	21.68±2.29	68.82±2.33	1.52±1.35	26.59±2.09	71.82±4.11	-0.97±1.06	22.12±2.32
3	70.11±2.52	1.42±1.44	25.57±1.47	72.53±3.19	-0.83±1.36	21.70±2.37	68.44±3.18	1.86±1.37	27.11±2.46	72.14±4.64	-0.85±1.44	22.55±3.27
4	68.04±2.18	1.98±1.04	25.31±1.38	71.06±3.50	-0.28±1.49	22.08±2.23	68.27±2.50	2.14±1.32	26.50±1.24	72.14±4.03	-0.02±1.87	22.71±3.00

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

ตารางที่ ข.16 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีภายนอกและภายในเนื้อในแมคคาดาเมียในบรรจุภัณฑ์ถุง OPP/AL/PE/LLDPE และบรรจุภัณฑ์ถุง Nylon ในกล่องกระดาษเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 1 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่าการเปลี่ยนแปลงสี			
	บรรจุภัณฑ์ ถุง OPP/AL/PE/LLDPE <sup>ns</sup>		บรรจุภัณฑ์ ถุง LLDPE ในกล่องกระดาษ <sup>ns</sup>	
	ภายนอก	ภายใน	ภายนอก	ภายใน
2	2.94±0.80	3.45±1.89	3.41±1.16	4.77±1.76
3	3.00±1.71	3.81±2.08	3.93±2.22	5.41±2.55
4	3.36±1.74	4.47±2.64	3.00±2.00	4.71±3.25

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ )

ตารางที่ ข.17 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของแมคคาดาเมียในบรรจุภัณฑ์ถุง OPP/AL/PE/LLDPE และบรรจุภัณฑ์ถุง Nylon ในกล่องกระดาษเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (g/100 g dry solid)	
	บรรจุภัณฑ์ ถุง OPP/AL/PE/LLDPE	บรรจุภัณฑ์ ถุง LLDPE ในกล่องกระดาษ
0	0.21±0.00 <sup>ab</sup>	0.21±0.00 <sup>ab</sup>
2	0.26±0.02 <sup>e</sup>	0.20±0.00 <sup>a</sup>
3	0.23±0.01 <sup>cd</sup>	0.20±0.00 <sup>a</sup>
4	0.22±0.01 <sup>bc</sup>	0.24±0.01 <sup>d</sup>

a,b,c,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ )

ตารางที่ ข.18 ค่าเปอร์ออกไซด์ของแมคคาดาเมียในบรรจุภัณฑ์ถุง OPP/AL/PE/LLDPE และบรรจุภัณฑ์ถุง Nylon ในกล่องกระดาษเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (meqO <sub>2</sub> /kg oil)	
	บรรจุภัณฑ์ ถุง OPP/AL/PE/LLDPE	บรรจุภัณฑ์ ถุง LLDPE ในกล่องกระดาษ
0	5.79±0.61 <sup>a</sup>	5.79±0.61 <sup>a</sup>
2	9.13±0.42 <sup>b</sup>	8.83±0.50 <sup>b</sup>
3	9.00±0.71 <sup>b</sup>	11.12±0.50 <sup>c</sup>
4	9.43±0.21 <sup>b</sup>	12.30±0.70 <sup>d</sup>

a,b,c,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )



**ภาคผนวก ค**  
**การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**

ตาราง ค.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี L\* a\* b\* ภายนอกของเนื้อในแมคคาดาเมีย และค่าการเปลี่ยนแปลงสี ( $\Delta E$ ) ภายนอกของเนื้อในแมคคาดาเมียหลังอบแห้งเทียบกับแมคคาดาเมียหลังเพิ่มความชื้น เมื่อแปรภาวะการอบแห้ง

SOV	df	MS			
		L	a	b	$\Delta E$
อุณหภูมิในการอบแห้ง (A)	2	158.670*	2.299 <sup>ns</sup>	49.675*	0.177 <sup>ns</sup>
ความชื้นในการเปลี่ยนขั้นตอนการอบแห้ง (B)	1	10.011 <sup>ns</sup>	0.008 <sup>ns</sup>	10.104 <sup>ns</sup>	39.014 <sup>ns</sup>
A x B	2	96.932 <sup>ns</sup>	13.653*	13.662 <sup>ns</sup>	10.607 <sup>ns</sup>
Error	114	32.681	1.641	8.738	17.838

\* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

ตาราง ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี L\* a\* b\* ภายในของเนื้อในแมคคาดาเมีย และค่าการเปลี่ยนแปลงสี ( $\Delta E$ ) ภายในของเนื้อในแมคคาดาเมียหลังอบแห้งเทียบกับแมคคาดาเมียหลังเพิ่มความชื้น เมื่อแปรภาวะการอบแห้ง

SOV	df	MS			
		L	a	b	$\Delta E$
อุณหภูมิในการอบแห้ง (A)	2	442.715*	0.797 <sup>ns</sup>	35.987*	198.329*
ความชื้นในการเปลี่ยนขั้นตอนการอบแห้ง (B)	1	362.402*	1.435 <sup>ns</sup>	8.799 <sup>ns</sup>	1.622 <sup>ns</sup>
A x B	2	34.979 <sup>ns</sup>	2.231 <sup>ns</sup>	15.237*	114.163*
Error	114	75.729	1.115	4.901	30.346

\* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

ตาราง ค.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของเนื้อในแมคคาดาเมียอบแห้งเมื่อแปรภาวะการอบแห้ง

SOV	df	MS
อุณหภูมิในการอบแห้ง (A)	2	0.020*
ความชื้นในการเปลี่ยนขั้นตอนการอบแห้ง (B)	1	0.000 <sup>ns</sup>
A x B	2	0.002 <sup>ns</sup>
Error	12	0.001

\* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

ตาราง ค.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเปอร์ออกไซด์ของเนื้อในแมคคาดาเมียอบแห้งเมื่อแปรภาวะการอบแห้ง

SOV	df	MS
อุณหภูมิในการอบแห้ง (A)	2	46.370*
ความชื้นในการเปลี่ยนขั้นตอนการอบแห้ง (B)	1	17.484*
A x B	2	43.687*
Error	12	0.011

\* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตาราง ค.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นเนื้อในแมคคาดาเมียอบแห้งเมื่อแปรชนิดบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษา

SOV	df	MS
บรรจุภัณฑ์ (A)	1	0.107 <sup>*</sup>
ระยะเวลาการเก็บ (B)	3	0.309 <sup>*</sup>
A x B	3	0.028 <sup>ns</sup>
Error	16	0.016

\* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

ตาราง ค.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า  $a_w$  เนื้อในแมคคาดาเมียอบแห้งเมื่อแปรชนิดบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษา

SOV	df	MS
บรรจุภัณฑ์ (A)	1	0.006 <sup>*</sup>
ระยะเวลาการเก็บ (B)	3	0.014 <sup>*</sup>
A x B	3	0.001 <sup>*</sup>
Error	16	0.000

\* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตาราง ค.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี L\* a\* b\* ภายนอกของเนื้อในแมคคาดาเมียอบแห้งและค่าการเปลี่ยนแปลงสี ( $\Delta E$ ) ภายนอกของเนื้อในแมคคาดาเมียอบแห้งเมื่อแปรชนิดบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษา

SOV	df	MS			
		L	a	b	$\Delta E$
บรรจุภัณฑ์ (A)	1	11.514 <sup>ns</sup>	1.860 <sup>ns</sup>	36.436*	3.486 <sup>ns</sup>
ระยะเวลาการเก็บ (B)	3	26.305*	3.104*	7.091 <sup>ns</sup>	1.079 <sup>ns</sup>
A x B	3	7.290 <sup>ns</sup>	0.333 <sup>ns</sup>	4.421 <sup>ns</sup>	4.196 <sup>ns</sup>
Error	152	6.039	1.395	2.786	2.811

\* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

ตาราง ค.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี L\* a\* b\* ภายในของเนื้อในแมคคาดาเมียอบแห้งและค่าการเปลี่ยนแปลงสี ( $\Delta E$ ) ภายในของเนื้อในแมคคาดาเมียอบแห้งเมื่อแปรชนิดบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษา

SOV	df	MS			
		L	a	b	$\Delta E$
บรรจุภัณฑ์ (A)	1	0.262 <sup>ns</sup>	0.177 <sup>ns</sup>	9.273 <sup>ns</sup>	33.326*
ระยะเวลาการเก็บ (B)	3	30.445 <sup>ns</sup>	13.524*	1.669 <sup>ns</sup>	3.229 <sup>ns</sup>
A x B	3	4.793 <sup>ns</sup>	0.168 <sup>ns</sup>	1.301 <sup>ns</sup>	5.176 <sup>ns</sup>
Error	152	13.159	1.646	6.093	5.846

\* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

ตาราง ค.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของเนื้อในแมคคาดาเมีย  
อบแห้งเมื่อแปรชนิดบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษา

SOV	df	MS
บรรจุภัณฑ์ (A)	1	0.002*
ระยะเวลาการเก็บ (B)	4	0.001*
A x B	4	0.002*
Error	20	0.000

\* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตาราง ค.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเปอร์ออกไซด์ของเนื้อในแมคคาดาเมียอบแห้ง  
เมื่อแปรชนิดบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษา

SOV	df	MS
บรรจุภัณฑ์ (A)	1	8.277*
ระยะเวลาการเก็บ (B)	3	31.285*
A x B	3	3.664*
Error	16	0.299

\* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว กนลรัตน์ เหลืองสด เกิดเมื่อวันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ.2526 ที่กาญจนบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตจาก สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2547

