

ความแก่อ่อนและดีซอร์พชันไอโซเทิร์มของใบตำลึง
Maturity and Desorption Isotherms of Ivy Gourd Leaves

ยุพารัตน์ โพธิเศษ¹ และ สิงหนาท พวงจันทร์แดง¹
Yuparat Potisate¹ and Singhanat Phoungchandang¹

Abstract

Maturity of ivy gourd leaves (*Coccinia grandis* Voigt) was determined. It was found that medium mature and mature ivy gourd leaves provided the highest total chlorophyll and chlorophyll a. Desorption isotherms of mature ivy gourd leaves were determined at 20, 35 and 50°C and a non linear regression program was applied to the experimental data to fit with any of the four moisture sorption isotherm models. It was found that the modified Henderson model could fit the best for both fresh and blanched ivy gourd leaves.

Key word: Ivy gourd leaves, Maturity, Desorption isotherm

บทคัดย่อ

การศึกษาความแก่อ่อนของใบตำลึง (*Coccinia grandis* Voigt) พบว่าใบแก่ปานกลางและใบแก่ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดและคลอโรฟิลล์เอสูงที่สุด การศึกษาดีซอร์พชันไอโซเทิร์มของใบตำลึงที่มีความแก่อ่อนพอเหมาะที่อุณหภูมิ 20 35 และ 50 องศาเซลเซียส โดยใช้โปรแกรมสหสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเส้นตรงในการหาแบบจำลอง 4 แบบจำลอง พบว่าแบบจำลอง Modified Henderson สามารถอธิบายดีซอร์พชันไอโซเทิร์มของใบตำลึงทำแห้งได้ดีที่สุดทั้งใบตำลึงสดและใบตำลึงที่ผ่านการลวก

คำสำคัญ ใบตำลึง, ความแก่อ่อน, ดีซอร์พชันไอโซเทิร์ม

คำนำ

ตำลึง (Ivy Gourd) (*Coccinia grandis* Voigt) เป็นผักสมุนไพรพื้นบ้านเจริญเติบโตง่ายและเร็วกว่าผักชนิดอื่น ง่ายและราคาถูกแหล่งเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่มีคุณสมบัติเป็นสารตั้งต้นในการสร้างวิตามินเอสูงกว่ผักอื่นๆ ตำลึงมีสารต้านออกซิเดชันและมีสารต้านมะเร็งอื่นๆ นอกจากนี้ฝ้ายพิษวิทยา สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดลยังพบว่าเส้นใยอาหารของใบตำลึงมีความสามารถในการจับกับไนโตรที่ซึ่งเป็นสารพิษได้ดีกว่าผักต่างๆ ช่วยลดอัตราเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็งในกระเพาะอาหารได้ (มูลนิธิโตโยต้าประเทศไทยและสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2544) ตำลึงสามารถลดน้ำตาลในเลือด (Venkateswaran and Pari, 2003)

ซอร์พชันไอโซเทิร์ม เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกติวิตี้และความชื้นของอาหารที่สภาวะสมดุลที่อุณหภูมิคงที่ การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการศึกษาดีซอร์พชันไอโซเทิร์มเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นสมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศรอบๆอาหาร มีประโยชน์สำหรับกำหนดอัตราและระดับความแห้งของอาหารในกระบวนการทำแห้ง พร้อมทั้งทำนายความคงตัวและการเปลี่ยนแปลงของอาหารจากปริมาณความชื้นต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ แบบจำลองที่ใช้ในการอธิบายข้อมูลดีซอร์พชันไอโซเทิร์ม แสดงใน Table 1

Table 1 Desorption isotherms model

Model	$RH_e = f(X_e, T)$	$X_e = f(RH_e, T)$	Nomenclatures
Modified Henderson	$1 - \exp(-C_1(T+C_2)) (X_e^{C_3})$	$(\ln(1 - RH_e) / (-C_1(T+C_2)))^{(1/C_3)}$	RH_e : equilibrium relative humidity
Modified Halsay	$\exp(-\exp(C_1 + C_2T)) X_e^{-C_3}$	$(-\ln(RH_e) / \exp(C_1 + C_2T))^{(-1/C_3)}$	X_e : equilibrium moisture content
Modified Chung-Pfost	$\exp(-C_1 / (T+C_2)) \exp(-C_3 X_e)$	$(1 - C_3) \ln((T+C_2) \ln(RH_e) - C_1)$	C_1, C_2, C_3 : empirical constant
Modified Oswin	$1 / (((C_1 + C_2T) / X_e)^{C_3} + 1)$	$(C_1 + C_2T) / ((1/RH_e - 1)^{(1/C_3)})$	

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

¹ Department of Food Technology, Faculty of Technology, Khon Kaen University/ Postharvest Technology Innovation Center (PHTIC), Khon Kaen University, Khon kaen 40002

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความแก่-อ่อนที่เหมาะสมและดัชนีชอร์พชั่นไอโซเทิร์มของใบตำลึงเพื่อใช้ประโยชน์ในการพัฒนากระบวนการทำแห้งใบตำลึงต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาความแก่-อ่อนที่เหมาะสมของใบตำลึง โดยใบตำลึง (*Coccinia grandis* Voigt) ซึ่งได้จากแหล่งเดียวกันจากตลาดในจังหวัดขอนแก่น นำมาล้างทำความสะอาดและล้างที่อุณหภูมิห้องให้แห้งแล้วตัดใบตำลึง โดยแยกใบเป็น 4 กลุ่ม โดยวิธีนับตำแหน่งใบตำลึงจากยอดลงไปให้ได้ใบตำลึงที่มีความแก่-อ่อน 4 ระดับได้แก่ ใบอ่อน ใบแก่ปานกลาง ใบแก่ และใบแก่มาก ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely randomized design) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่า $L^* a^* b^*$ ปริมาณความชื้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณเส้นใยของใบตำลึงที่มีความแก่-อ่อน 4 ระดับ นำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows version 16 โดยเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาในการคัดเลือก คือ ปริมาณความชื้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์บีและค่า a^*/b^*

การศึกษาประสิทธิภาพการลวกใบตำลึง โดยวัดกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Luh and O'Neal, 1975) โดยการชั่งตัวอย่าง 10 กรัม นำไปลวกที่ระยะเวลา 0 15 30 45 60 75 90 วินาที ให้นำเป็นชิ้นเล็กๆ เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร บดให้ละเอียดแล้วกรองผ่านผ้าสี นำสารละลายที่ได้จากการกรองทำการทดสอบกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

การศึกษาดัชนีชอร์พชั่นไอโซเทิร์มของใบตำลึง นำใบตำลึง (*Coccinia grandis* Voigt) ที่คัดเลือกความแก่-อ่อนที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 โดยนำใบตำลึงสดและใบตำลึงที่ลวกในน้ำเดือดแล้วทำให้เย็นในน้ำเย็น นำไปทำแห้งจากนั้นนำไปทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.5 m/s (Sun and Woods, 1994) วัดความเร็วลมร้อนโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม จากนั้นสุ่มตัวอย่างออกมาเพื่อวัดปริมาณความชื้นต่างกันอย่างน้อย 7 ระดับ (Phoungchandang and Woods, 2000) เมื่อได้ใบตำลึงที่ผ่านการทำแห้งและทราบค่าความชื้นที่แน่นอนแล้วนำมาวัดค่า Water activity ด้วยเครื่อง AQUALAB (Series 3) และอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดสมดุลที่อุณหภูมิ 20 35 และ 50 องศาเซลเซียสตามลำดับ นำข้อมูลไปทำนายค่าโดยใช้แบบจำลอง Modified Chung-Pfost, Modified Henderson, Modified Halsey และ Modified Oswin (Table 1) จากนั้นคัดเลือกแบบจำลองดัชนีชอร์พชั่นไอโซเทิร์มที่เหมาะสมสำหรับใบตำลึง โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้จากค่าทดลองกับค่าที่ได้จากการทำนายของสมการโดยใช้เทคนิคสหสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเส้นตรง (Non linear regression) เพื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณความชื้นที่ได้จากการทดลองและจากการทำนาย โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination, R^2) สูงที่สุดและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (Standard error of estimate, SEE) ต่ำที่สุด

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาความแก่อ่อนของใบตำลึง 4 กลุ่ม โดยการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ ค่า L^* และปริมาณเส้นใยเพื่อเลือกใบตำลึงที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนากระบวนการทำแห้ง โดยใช้ปริมาณคลอโรฟิลล์และค่า a^*/b^* เป็นเกณฑ์สำคัญ จากการทดลองพบว่าสามารถคัดเลือกกลุ่มใบตำลึงที่จะนำไปทำแห้งได้ 2 กลุ่ม คือกลุ่มใบแก่และใบแก่ปานกลางโดยพิจารณาจากปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดและคลอโรฟิลล์เอสูงที่สุดและค่า a^*/b^* อยู่ในกลุ่มสีเขียวเหลือง (Francis and Clydesdale, 1975) (Table 2)

ในการศึกษาประสิทธิภาพการลวกที่ระยะเวลาต่างๆ 0 15 30 45 60 75 90 วินาที เพื่อยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส พบว่าระยะเวลาที่สามารถยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ คือ 1 นาที เช่นเดียวกับรายงานของ Okoli et al., (1988) ศึกษาการลวกใบผักโขมและใบผักโหม (amaranth) ใช้เวลาในการลวก 1 นาที ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสซึ่งเพียงพอสำหรับยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

ใบตำลึงที่ผ่านการคัดเลือกความแก่อ่อน คือ ใบแก่ปานกลางและใบแก่ นำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดที่ 60 องศาเซลเซียส นำมาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นและวัดค่า Water activity ที่อุณหภูมิ 20 35 และ 50 องศาเซลเซียส นำมาหาความสัมพันธ์โดยใช้เทคนิคสหสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเส้นตรง (Non linear regression) โดยใช้แบบจำลอง Modified Henderson, Modified Oswin, Modified Chung-Pfost และ Modified Halsey พบว่าแบบจำลอง Modified Henderson สามารถทำนายดัชนีชอร์พชั่นไอโซเทิร์มได้ดีที่สุด (Table 3) จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงที่สุดและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (SEE) ต่ำที่สุด ทั้งใบตำลึงสดและใบตำลึงที่ลวกในน้ำเดือดและทั้งในรูปแบบฟังก์ชัน $X_e = f(RH_e, T)$

และฟังก์ชัน $RH_e = f(X_e, T)$ จะเห็นว่าปริมาณความชื้นสมดุลจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง ณ จุด water activity เดียวกันหรือค่า water activity จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ ณ จุดที่มีค่าปริมาณความชื้นสมดุลเดียวกัน เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้โมเลกุลของน้ำอยู่ในสภาวะกระตุ้นมากขึ้น เพิ่มระยะห่างและลดการเกาะเกี่ยวของโมเลกุลน้ำลง (Jamali et al., 2006) (Figure 1) เนื่องจากรูปร่างของซอร์พชันไอโซเทอริมของวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณน้ำในอาหารที่ยึดเกาะภายในวัตถุดิบอาหารนั้นๆ สำหรับแบบจำลอง Modified Henderson เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมกับวัตถุดิบที่มีเส้นใยเป็นองค์ประกอบ (Chen and Morey, 1989) ซึ่งหากพิจารณาผลวิเคราะห์เส้นใย (Table 2) พบว่าใบตำลึงเป็นผักที่มีปริมาณเส้นใยค่อนข้างสูง (มูลนิธิโตโยต้าประเทศไทยและสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2544)

Table 2 The relationship of ivy gourd leaves of moisture content, chlorophyll content, color values and crude fiber

Maturity of ivy gourd leaves	% Moisture content (% d.b.)	Chlorophyll content (mg/100g d.b.)			Color values				% Crude fiber (% d.b.)
		Total Chl	Chl a	Chl b	L*	a*	b*	a*/b*	
old	794.17 ^a	24.67 ^b	17.68 ^b	8.94	36.70 ^a	-10.20 ^d	16.62 ^a	-0.62 ^a	13.86
Mature	1001.33 ^b	33.92 ^a	24.68 ^a	8.87	38.65 ^b	-11.41 ^c	19.97 ^b	-0.57 ^{ab}	15.07
Medium mature	1058.80 ^{bc}	31.89 ^a	22.98 ^a	8.93	41.46 ^c	-12.54 ^b	23.15 ^c	-0.54 ^{ab}	15.30
Young	1118.78 ^c	23.18 ^b	17.07 ^b	7.53	43.86 ^d	-12.86 ^a	25.23 ^d	-0.52 ^b	15.64

Different superscripts in the same column mean that the values are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 3 Constants of desorption isotherms for ivy gourd leaves

Model	Fresh				
	C ₁	C ₂	C ₃	SEE (% d.b.)	R ²
$X_e = f(RH_e, T)$					
Modified Henderson	0.000145790	407.791834590	1.090116189	0.6416	0.9811
Modified Oswin	9.129083212	-0.020686127	1.604233806	0.7001	0.9775
Modified Chung-Pfost	1225.807336500	523.546566640	0.124265102	0.7485	0.9743
Modified Halsay	2.261338760	-0.003307500	1.206608388	0.8548	0.9664
$RH_e = f(X, T)$					
Modified Henderson	0.000123137	515.429268480	1.065200696	0.0304	0.9723
Modified Oswin	9.026612444	-0.014010751	1.457815386	0.0337	0.9659
Modified Chung-Pfost	1472.002577900	642.718692420	0.123851255	0.0325	0.9682
Modified Halsay	1.745925017	-0.001536935	0.974183702	0.0415	0.9484
Model	Blanched				
	C ₁	C ₂	C ₃	SEE (% d.b.)	R ²
$X_e = f(RH_e, T)$					
Modified Henderson	0.000124983	506.960345500	1.232502883	0.2400	0.9875
Modified Oswin	6.856662485	-0.009369840	1.842333225	0.2958	0.9809
Modified Chung-Pfost	1034.029489700	403.482742370	0.183842305	0.2432	0.9871
Modified Halsay	2.343489913	-0.001947987	1.415517867	0.3744	0.9695
$RH_e = f(X, T)$					
Modified Henderson	0.000160151	415.139424400	1.200773730	0.0154	0.9852
Modified Oswin	6.935711035	-0.012665942	1.693460562	0.0174	0.9811
Modified Chung-Pfost	956.164424460	377.839042400	0.181363211	0.0155	0.9849
Modified Halsay	1.967260547	-0.002424674	1.212361441	0.0201	0.9746

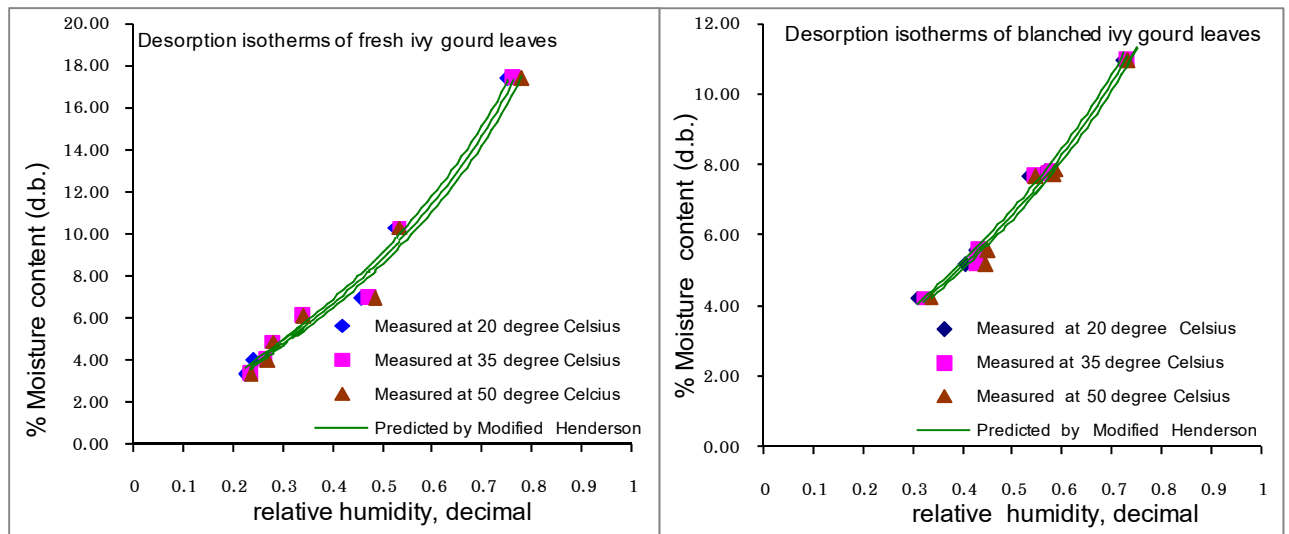


Figure 1 Desorption Isotherms at 20 35 and 50 degree Celsius as predicted using the fitted Modified Henderson Model ($X_e = f(RH_e, T)$) for fresh and blanched ivy gourd leaves

สรุป

พิจารณาความแก่-อ่อนใบตำลึง 4 กลุ่ม โดยใช้ปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุดและค่าสี a^*/b^* อยู่ในกลุ่มสีเขียวอมเหลืองเดียวกัน ใบตำลึงที่มีความแก่-อ่อนที่เหมาะสม 2 กลุ่ม คือใบแก่และใบแก่ปานกลาง ประสิทธิภาพการลวกโดยวัดกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส โดยระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ในการลวกตำลึงก่อนการทำแห้ง คือ 1 นาที และดีซอร์พชั่นไอโซเทิร์มของใบตำลึงสดและใบตำลึงที่ผ่านการลวก คือแบบจำลอง Modified Henderson ทั้งในรูปแบบฟังก์ชัน $X_e = f(RH_e, T)$ และฟังก์ชัน $RH_e = f(X_e, T)$

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว: หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

มูลนิธิโดยต่างประเทศไทยและสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2544. มหัศจรรย์ผัก 108. พิมพ์ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ.
 Chen, C. and R.V. Morey. 1989. Comparison of Four EMC/ERH Equations. Transactions of ASAE 32(3): 983-990.
 Francis, F.J. and F.M. Clydesdale. 1975. Food colorimetry : Theory and applications. Westport Connecticut: The AVI Pub. 477p.
 Jamali, A., M. Kouhila, A.L., Mohamed, A. Idlimam and A. Lamharrar. 2006. Moisture adsorption-desorption isotherms of *Citrus reticulata* leaves at three temperatures. J Food Eng 77: 71-78.
 Luh, B.S and R. O'Neal. 1975. Quality control. In Luh, B.S, Woodroof J.G, editors. Commercial vegetable processing. The AVIPub. Westport Connecticut.
 Okoli, E.C., O.G. Nmorka and M.E. Unaegbu. 1988. Blanching and storage of some Nigerian vegetables. Int J Food Sci Technol, 23: 239-641.
 Phoungchandang, S. and J.L. Wood. 2000. Moisture diffusion and desorption isotherms for banana. J Food Sci 65(4): 615-657.
 Sun, D.W., J.L. Woods. 1994. Low temperature moisture transfer characteristics of wheat in thin layers. Trans ASAE 37(6):1919-1926.
 Venkateswaran, S. and L. Pari . 2003. Effect of *Coccinia indica* leaves on antioxidant status in streptozotocin-induced diabetic rats. J Ethno-Pharmacology 84: 163-168