

การศึกษาความแก่อ่อนและดีซอร์พชันไอโซเทิร์มของใบบัวบก

Study of Maturity and Desorption Isotherms for Asiatic Pennywort [*Centella asiatica* (L.) Urban] Leaves

วิทวัส ไตรรัตน์ภิกุล¹ และ สิงหนาท พวงจันทร์แดง¹
Wittawat Tirattanapikul¹ and Singhanat Phoungchandang¹

Abstract

Maturity of Asiatic pennywort [*Centella asiatica* (L.) Urban] leaves was determined using moisture content, total phenolic content, antioxidant activity, color and crude fiber. It was found that the leaves with 4.6 to 5.5 and 5.6 to 6.5 cm diameter provided the highest total phenolic content and antioxidant activity. Desorption isotherms of the mature leaves were determined at 20, 35 and 50°C and a non-linear regression programme 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 and modified Chung-Pfost model could fit the best for the fresh leaves for $X_e=f(RH_e, T)$ and $RH_e=f(X_e, T)$, respectively.

Keywords: maturity, desorption isotherm, Asiatic pennywort leaves

บทคัดย่อ

การศึกษาความแก่ของใบบัวบก [*Centella asiatica* (L.) Urban] โดยการเปรียบเทียบความชื้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด สมบัติการต้านออกซิเดชัน ค่าสีและปริมาณเส้นใย พบว่าใบบัวบกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของใบขนาด 4.6 ถึง 5.5 เซนติเมตรและ 5.6 ถึง 6.5 เซนติเมตร มีปริมาณฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านออกซิเดชันสูงสุด การศึกษาดีซอร์พชันไอโซเทิร์มของใบบัวบกที่มีความแก่เหมาะสมที่สุดที่อุณหภูมิ 20 35 และ 50 องศาเซลเซียส โดยใช้โปรแกรมสหสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเส้นตรงในการหาแบบจำลอง 4 แบบจำลอง พบว่าแบบจำลอง modified Henderson สามารถทำนายดีซอร์พชันไอโซเทิร์มได้ดีที่สุดในรูปฟังก์ชัน $X_e=f(RH_e, T)$ และแบบจำลอง modified Chung-Pfost สามารถทำนายดีซอร์พชันไอโซเทิร์มได้ดีที่สุดในรูปฟังก์ชัน $RH_e=f(X_e, T)$

คำสำคัญ: ความแก่อ่อน, ดีซอร์พชันไอโซเทิร์ม, ใบบัวบก

คำนำ

บัวบก [*Centella asiatica* (L.) Urban] เป็นสมุนไพรที่นิยมบริโภคในแถบเอเชียมานาน บัวบกมีสารออกฤทธิ์จำพวก triterpenoid glycosides ได้แก่ madecassoside และ asiaticoside ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชัน และเร่งการเจริญของเซลล์ผิวหนัง ช่วยในการสมานแผลและทำลายเชื้อแบคทีเรียได้ จากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์พบว่าบัวบกมีประสิทธิภาพในการใช้รักษาโรคที่เกิดจากการเสื่อมประสิทธิภาพของหลอดเลือดดำ รักษาหน้าท้องลาย สมานแผล ป้องกันการเกิดแผลเปื่อย ผ่าเชื้อแบคทีเรียและไวรัส กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ต้านอนุมูลอิสระ ออกฤทธิ์ต่อจิตประสาท ปกป้องเซลล์ประสาท และเพิ่มการเรียนรู้และการเข้าใจ (สถาบันวิจัยสมุนไพร, 2550)

ดีซอร์พชันไอโซเทิร์ม เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกติวิตีและความชื้นของอาหารที่สภาวะสมดุลที่อุณหภูมิคงที่ การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการศึกษาดีซอร์พชันไอโซเทิร์มเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นสมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศรอบๆอาหาร มีประโยชน์สำหรับกำหนดอัตราและระดับความแห้งของอาหารในกระบวนการทำแห้ง พร้อมทั้งทำนายความคงตัวและการเปลี่ยนแปลงของอาหารจากปริมาณความชื้นต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี แบบจำลองที่ใช้ในการอธิบายข้อมูลดีซอร์พชันไอโซเทิร์ม แสดงใน Table 1

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความแก่อ่อนที่เหมาะสมและดีซอร์พชันไอโซเทิร์มของใบบัวบกเพื่อใช้ประโยชน์ในการพัฒนากระบวนการทำแห้งใบบัวบกต่อไป

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี/ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น

¹ Department of Food Technology, Faculty of Technology/ Postharvest Technology Innovation Center, Khon kaen University, Khon kaen

Table 1 Desorption isotherm models

Model	$RH_e=f(X_e, T)$	$X_e=f(RH_e, T)$
Modified Henderson	$1-\exp((-C_1(T+C_2)(X_e^{C_3}))$	$(\ln(1-RH_e)/(-C_1(T+C_2)))^{(1/C_3)}$
Modified Halsey	$\exp(-\exp(C_1+(C_2T))X_e^{-C_3})$	$(-\ln(RH_e)/\exp(C_1+(C_2T)))^{(-1/C_3)}$
Modified Chung-Pfost	$\exp((-C_1/(T+C_2))(\exp(-C_3X_e)))$	$(1-C_3)\ln((T+C_2)\ln(RH_e)/-C_1)$
Modified Oswin	$1/(((C_1+(C_2T))/X_e^{C_3})+1)$	$(C_1+C_2T)/((1/RH_e-1)^{(1/C_3)})$

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาความแก่ของใบบัวบกที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้ใบบัวบก [*Centella asiatica* (L.) Urban] สายพันธุ์สุวรรณคาม ก้านเขียวโดยซื้อมาจากแหล่งปลูกเดียวกันในจังหวัดขอนแก่น มีลักษณะใบสีเขียว นำมาล้างทำความสะอาดด้วยคลอรีนความเข้มข้น 5 ppm แล้วผึ่งให้แห้ง นำใบบัวบกมาหาคความแก่ แยกใบบัวบกออกเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.6 - 4.5, 4.6 - 5.5 และ 5.6 - 6.5 เซนติเมตร ตามลำดับ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (completely randomized design) เพื่อเปรียบเทียบ ความแตกต่างระหว่างความชื้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (total phenolic content) สมบัติการต้านออกซิเดชัน (antioxidation activity) ค่าสี (CIELab) และปริมาณเส้นใย (AOAC, 2000) ของใบบัวบกที่มีความแก่ 3 ระดับ นำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows

Table 2 The relationship of moisture content, total phenolic content, antioxidant activity, color and crude fiber for Asiatic pennywort leaves.

Maturity leaf (diameter, cm.)	Moisture content (%d.b.)	Total phenolic content (mg/g d.b.)	Antioxidant activity (%inhibition)	Color value			Crude fiber (%d.b.)
				L*	a*	b*	
3.6-4.5	623.4247 ^a	5.4450 ^b	22.2971 ^b	37.8725 ^a	-11.4013 ^a	21.8575 ^a	11.1338 ^a
4.6-5.5	657.4139 ^a	6.1802 ^a	25.9255 ^a	40.3213 ^a	-11.6488 ^a	21.6700 ^a	11.1054 ^a
5.6-6.5	671.7108 ^a	6.3378 ^a	25.7662 ^a	40.8038 ^a	-11.3738 ^a	20.4925 ^a	11.0011 ^a

การศึกษาดิซอร์พชันไอโซเทิร์มของใบบัวบก นำใบบัวบก [*Centella asiatica* (L.) Urban] ที่คัดเลือกความแก่ที่เหมาะสมข้างต้นนำไปทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.5 m/s (Sun and Woods, 1993) วัดความเร็วลมร้อนโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม จากนั้นสุ่มตัวอย่างออกมาเพื่อวัดปริมาณความชื้นต่างกันอย่างน้อย 7 ระดับ (Phoungchandang and Woods, 2000) เมื่อได้ใบบัวบกที่ผ่านการทำแห้งและทราบค่าความชื้นที่แน่นอนแล้วนำมาวัดค่า water activity ด้วยเครื่อง NOVASINA และอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดสมดุลที่อุณหภูมิ 20, 35 และ 50 องศาเซลเซียสตามลำดับ นำข้อมูลไปทำนายค่าโดยใช้แบบจำลอง modified Halsey และ modified Oswin (Table 1) จากนั้นคัดเลือกแบบจำลองดิซอร์พชันไอโซเทิร์มที่เหมาะสมสำหรับใบบัวบก โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้จากค่าทดลองกับค่าที่ได้จากการทำนายของสมการโดยใช้เทคนิคสหสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเส้นตรง (non-linear regression) เพื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณความชื้นที่ได้จากการทดลองและจากการทำนาย โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination, R²) สูงที่สุดและค่าความคาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (standard error estimate, SEE) ต่ำที่สุด

Table 3 Constants of desorption isotherms for Asiatic pennywort leaves.

Model	C ₁	C ₂	C ₃	SEE(%d.b.)	R ²
$X_e=f(RH_e, T)$					
Modified Henderson	0.0003	440.236	0.713	1.387	0.975
Modified Halsey	1.629	-0.003	0.900	1.685	0.963
Modified Chung-Pfost	-2211678545.214	-1630873677.454	15.199	1.733	0.961
Modified Oswin	9.193	-0.028	1.131	1.517	0.970
$RH_e=f(X_e, T)$					
Modified Henderson	0.001	405.960	0.647	0.042	0.948
Modified Halsey	1.057	-0.002	0.682	0.049	0.929
Modified Chung-Pfost	559.562	388.733	0.069	0.040	0.953
Modified Oswin	8.516	-0.0277	0.930	0.046	0.938

ผลการทดลอง

จากการศึกษาค่าความแก่ของใบบัวบก 3 กลุ่ม โดยการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด คุณสมบัติการต้านออกซิเดชัน ค่าสีและปริมาณเส้นใย โดยใช้ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านออกซิเดชัน เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก จากการทดลองพบว่าใบบัวบกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของใบขนาด 4.6 - 5.5 และ 5.6 - 6.5 เซนติเมตร มีปริมาณฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด (Table 2) ($P \leq 0.05$)

ใบบัวบกที่ผ่านการคัดเลือกความแก่แล้วนั้น นำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดที่ 50 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 สามารถทำนายดีซอร์พชันไอโซเทอริมได้ดีที่สุด ทั้งในรูปฟังก์ชัน $X_e=f(RH_e, T)$ และแบบจำลอง modified Chung-Pfost สามารถทำนายดีซอร์พชันไอโซเทอริมได้ดีที่สุดในรูปฟังก์ชัน $RH_e=f(X_e, T)$ (Table 3)

ปริมาณความชื้นสมดุลเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิลดลง ณ จุด water activity เดียวกันหรือค่า water activity เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ ณ จุดที่มีค่าปริมาณความชื้นสมดุลเดียวกัน เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้โมเลกุลของน้ำอยู่ในสภาวะกระตุ้นมากขึ้น เพิ่มระยะห่างและลดการเกาะเกี่ยวของโมเลกุลน้ำลง (Jamali et al., 2006) (Figure 1) สำหรับ modified Henderson เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมกับวัตถุดิบที่มีเส้นใยเป็นองค์ประกอบ (Chen and Morey, 1989) ซึ่งหากพิจารณาผลวิเคราะห์เส้นใย (Table 2) พบว่าใบบัวบกเป็นผักที่มีปริมาณเส้นใยค่อนข้างสูง (มูลนิธิโตโยต้าประเทศไทยและสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2544)

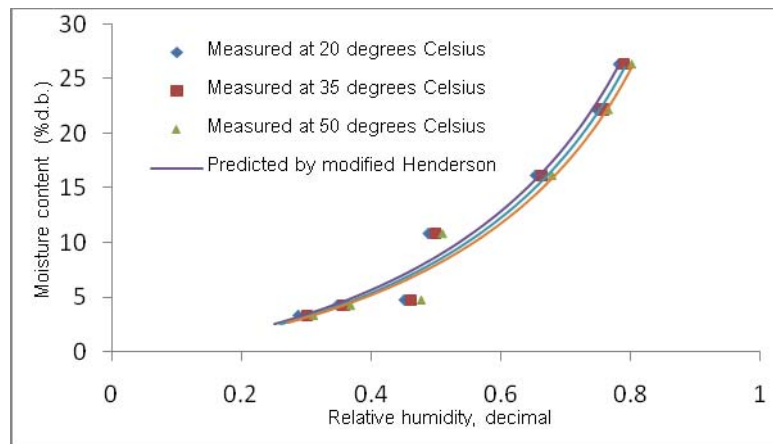


Figure 1 Desorption Isotherms at 20, 35 and 50 degrees Celsius as predicted by using the fitted modified Henderson model ($X_e=f(RH_e, T)$) for Asiatic pennywort leaves.

วิจารณ์และสรุป

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณความชื้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด คุณสมบัติการต้านออกซิเดชัน ค่าสีและปริมาณเส้นใย โดยพิจารณาใบบวบ 3 กลุ่ม โดยใช้ปริมาณสารประกอบฟีนอล และคุณสมบัติการเป็นตัวต้านออกซิเดชันสูงสุด ($P \leq 0.05$) ได้ใบบวบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของใบขนาด 4.6 - 5.5 และ 5.6 - 6.5 เซนติเมตรเพื่อใช้ศึกษาดีซอร์พชันไอโซเทอรัมของใบบวบ ดีซอร์พชันไอโซเทอรัมของใบบวบ พบว่าแบบจำลอง modified Henderson สามารถทำนายดีซอร์พชันไอโซเทอรัมได้ดีที่สุดในรูปฟังก์ชัน $X_e=f(RH_e, T)$ และแบบจำลอง modified Chung-Pfost สามารถทำนายดีซอร์พชันไอโซเทอรัมได้ดีที่สุดในรูปฟังก์ชัน $RH_e=f(X_e, T)$

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว : หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- มูลนิธิโตโยประเทศไทยและสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2544. มหัศจรรย์ผัก 108. พิมพ์ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ. สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2550. สมุนไพรน่ารู้ (3) บวบก. กรุงเทพฯ: สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.
- AOAC. 200. Official methods of analysis of AOAC International. 17th edition. Gaithersburg, MD, USA, Association of Analytical Communities.
- Chen, C. and R.V. Morey. 1989. Comparison of four EMC/ERH equations. Transactions of ASAE. 32(3): 983-990.
- Jamali, A., M. Kouhila, A.L. Mohamed, A. Ildima and A. Lamharrar. 2006. Moisture adsorption-desorption isotherm of *Citrus reticulata* leaves at three temperatures. J. Food. Eng. 77: 71-78.
- Javanmardi, J., C. Stushnoff, E. Locke and J.M. Vivanco. 2003. Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. Food Chemistry 83: 547-550.
- Phoungchandang, S. and J.L. Woods. 2000. Moisture diffusion and desorption isotherms for banana. Journal of Food Science 65(4): 651-657.
- Sun, D.W., and J.L. Woods. 1993. The moisture content/relative humidity equilibrium relationship of wheat-A review. Drying Technology 11: 1523-1551.