Agricultural Sci. J. 42 : 1 (Suppl.) : 326-329 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 1 (พิเศษ) : 326-329 (2554)

สมบัติทางฟิสิกส์เชิงความร้อนของเม็ดพริกไทย (*Piper nigrum* L.)

Thermo-Physical Properties of Pepper (*Piper nigrum* L.)

ณรงค์ อึ้งกิมบ้วน[1] อรอุมา หนูทอง[1] และ ภาณุพงศ์ บุญเพียร[2]

Narong Uengkimbuan[1], Onuma Nuthong[1] and Panupong Boonpain[2]

Abstract

The objectives of this research were to study the thermo-physical properties of pepper and to investigate the models of properties as a function of moisture content of pepper. The thermo-properties used in this study were apparent density, specific heat and percentage of void fraction. The moisture content of samples was in the range of 0-1.93 dry basis. The results showed that apparent density, specific heat and percentage of void fraction were decreased with decreasing moisture content. For dried pepper, apparent density, specific heat and percentage of void fraction were 439.44±9.75 kg/m^3, 1902.75±125.53 J/kg°C, and 32.17±0.29%, respectively. When the data were subjected to regression analysis, it was found that apparent density, specific heat, and percentage of void fraction had linear relation with the moisture content of pepper.

Keywords: model, pepper, thermo-physical properties

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์เชิงความร้อนของพริกไทย ได้แก่ ความหนาแน่นปรากฏ ความร้อนจำเพาะ และร้อยละช่องว่างของอากาศที่ความชื้นของพริกไทยค่าต่างๆ สำหรับการศึกษาครั้งนี้ใช้ความชื้นของพริกไทยในช่วง 0-1.93 มาตรฐานแห้ง และหาสมการเพื่อทำนายค่าความหนาแน่นปรากฏ ความร้อนจำเพาะ และร้อยละช่องว่างของอากาศที่ขึ้นกับความชื้นของพริกไทย จากผลการทดลองพบว่าเมื่อความชื้นของพริกไทยมีค่าลดลงทำให้ความหนาแน่นปรากฏ ความร้อนจำเพาะ และร้อยละช่องว่างของอากาศของพริกไทยมีค่าลดลง โดยความหนาแน่นปรากฏ ความร้อนจำเพาะ และร้อยละช่องว่างของอากาศของพริกไทยแห้ง มีค่าเท่ากับ 439.44±9.75 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 1902.75±125.53 จูลต่อกิโลกรัมองศาเซลเซียส และร้อยละ 32.17±0.29 ตามลำดับ เมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์ความถดถอยแบบเชิงเส้น พบว่าความหนาแน่นปรากฏ ความร้อนจำเพาะ และร้อยละช่องว่างของอากาศมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นของพริกไทยในลักษณะเป็นเส้นตรง

คำสำคัญ: แบบจำลอง, พริกไทย, สมบัติทางฟิสิกส์เชิงความร้อน

คำนำ

พริกไทย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Piper nigrum* L. เป็นพืชสมุนไพรที่นิยมปลูกในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย ได้แก่จังหวัด ระยอง จันทบุรี และตราด โดยเฉพาะจังหวัดจันทบุรีมีพื้นที่เพาะปลูก 12,249 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 98 ของพื้นที่ปลูกพริกไทยทั้งประเทศและให้ผลิตผลในปี 2551 ประมาณ 5,714 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) เนื่องจากเม็ดพริกไทยมีสรรพคุณทั้งเป็นเครื่องเทศและสรรพคุณทางยา ดังนั้นจากข้อมูลพื้นฐานทางการเกษตร ปี 2552 ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552) พบว่าร้อยละ 73 ของผลิตผลที่ได้ใช้บริโภคในประเทศ ส่วนที่เหลือส่งออกขายต่างประเทศในรูปของพริกไทยป่นร้อยละ 92 จากข้อมูลพบว่าตั้งแต่ปี 2550-2552 พริกไทยมีมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นทุกปีโดยมีมูลค่าการส่งออกต่อปีเท่ากับ 59.21, 82.89 และ 117.70 ล้านบาทตามลำดับ โดยทั่วไปกระบวนการผลิตเมล็ดพริกไทยแห้งของเกษตรกรทำได้โดยวิธีการตากแดดธรรมชาติซึ่งระยะเวลาในการทำแห้งประมาณ 5-7 วันขึ้นกับสภาวะอากาศ แต่เนื่องจากพื้นที่เขตภาคตะวันออกเป็นพื้นที่ที่มีฝนตกชุกทำให้การทำแห้งพริกไทยแต่ละครั้งต้องใช้เวลามากขึ้น มีผลให้พริกไทยที่ได้มีคุณภาพต่ำทำให้ราคาที่เกษตรกรขายได้มีค่าลดลง จึงมีผู้ค้นคว้าวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งพริกไทยรูปแบบต่างๆ (ใจทิพย์ และคณะ, 2549) เพื่อลดระยะเวลาในการอบแห้งและสามารถควบคุมคุณภาพของพริกไทยแห้งได้ ในการออกแบบเครื่องอบแห้งที่เหมาะสม

[1] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

[1] Department of Physics, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131

[2] คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว สระแก้ว 27160

[2] Faculty of Science and Social Sciences, Burapha University, Sakaeo Campus, Sakaeo 27160

สำหรับการทำแห้งผลิตภัณฑ์ใดๆ เป็นการเฉพาะจำเป็นจะต้องทราบค่าสมบัติทางฟิสิกส์เชิงความร้อนต่างๆ ของผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะขึ้นกับความชื้น ซึ่งเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบแหล่งพลังงานเพื่อใช้ในการอบแห้งเม็ดพริกไทยดำให้มีความเหมาะสมและทำให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

จากที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์เชิงความร้อนซึ่งได้แก่ ความหนาแน่นปรากฏ ร้อยละช่องว่างของอากาศ และความร้อนจำเพาะที่ขึ้นกับความชื้นของพริกไทย และสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ของสมบัติทางฟิสิกส์เชิงความร้อนของพริกไทยกับความชื้นของพริกไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

พริกไทยที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นพริกไทยสดจากสวนของเกษตรกรในจังหวัดตราด โดยเม็ดพริกไทยสดมีความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 190 มาตรฐานแห้ง และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดพริกไทยเฉลี่ย 5.65 $\pm$ 0.30 มิลลิเมตร ทำการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เพื่อให้พริกไทยมีความชื้นต่างๆ กัน ได้แก่ร้อยละ 158 122 และ 72 มาตรฐานแห้ง โดยใช้เวลาอบนาน 1.5 7.5 และ 11 ชั่วโมง ตามลำดับ

ความหนาแน่นปรากฏ (bulk density) ของพริกไทยทดลองได้โดยนำเม็ดพริกไทยที่มีความชื้นต่างๆ ใส่ลงในบีกเกอร์ให้มีปริมาตรเท่ากับ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก เมื่อความหนาแน่นปรากฏมีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างมวลของพริกไทยต่อปริมาตรของพริกไทย 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ร้อยละช่องว่างของอากาศ (percentage of void fraction) ของเม็ดพริกไทย ทำได้โดยนำเม็ดพริกไทยที่มีความชื้นต่างๆ ใส่ลงในบีกเกอร์ให้มีปริมาตรเท่ากับ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร หลังจากนั้นเทน้ำมันพืชใส่ในบีกเกอร์ที่มีเมล็ดพริกไทยจนระดับน้ำมันพืชอยู่ที่ระดับปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยปริมาตรของน้ำมันพืชที่ใช้มีค่าเท่ากับปริมาตรช่องว่างของอากาศระหว่างเมล็ดพริกไทย ร้อยละช่องว่างของอากาศคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างปริมาตรของน้ำมันพืชต่อปริมาตรของพริกไทย 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ความร้อนจำเพาะ (specific heat) ของพริกไทยหาได้โดยใช้คาลอริมิเตอร์ที่แสดงใน Figure 1 ซึ่งประกอบด้วยกระป๋องอะลูมิเนียม 2 ชั้นและใช้อากาศเป็นฉนวนระหว่างกระป๋อง ในการทดลองเริ่มจากใส่น้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 80°C ในกระป๋องเล็ก แล้วปิดกระป๋องและรอจนอุณหภูมิเข้าสู่สมดุล หลังจากนั้นนำพริกไทยหนัก 100 กรัม ใส่ลงในกระป๋อง รอจนอุณหภูมิของน้ำร้อนและพริกไทยเข้าสู่สมดุลอีกครั้งแล้วบันทึกค่าอุณหภูมิสมดุล การคำนวณค่าความร้อนจำเพาะใช้หลักการสมดุลพลังงานภายในกระป๋องคาลอริมิเตอร์โดยพลังงานความร้อนที่พริกไทยได้รับ เท่ากับพลังงานความร้อนที่สูญเสียจากน้ำและกระป๋องคาลอริมิเตอร์ แสดงดังสมการที่ 1

$$c_p = \frac{(m_c C_c + m_w C_w)(T_1 - T_2)}{m_p (T_2 - T_p)} \quad (1)$$

เมื่อ m_w, m_c, m_p คือ มวลของน้ำร้อน คาลอริมิเตอร์ และพริกไทย ตามลำดับ (กิโลกรัม)
C_w, C_c, C_p คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำ คาลอริมิเตอร์ และพริกไทย ตามลำดับ (จูลต่อกิโลกรัม องศาเซลเซียส)
T_1, T_2, T_p คือ อุณหภูมิสมดุลของน้ำที่เวลาเริ่มต้น สุดท้าย และ พริกไทยเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)

การหาความสัมพันธ์ของความหนาแน่นปรากฏ ร้อยละช่องว่างของอากาศ และความร้อนจำเพาะของพริกไทยที่ขึ้นกับความชื้นของพริกไทยในรูปของสมการเชิงเส้น ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทำการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) เพื่อหาค่าคงที่ของสมการและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)

ผลและวิจารณ์

ความหนาแน่นปรากฏของพริกไทยที่ความชื้นต่างๆ แสดงดัง Figure 2 จากรูปจะเห็นว่าความหนาแน่นปรากฏของพริกไทยจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพริกไทยมีความชื้นสูงขึ้น ซึ่งให้ผลการทดลองเป็นไปในทางเดียวกับผลิตผลทางการเกษตรอื่นๆ เช่น เมล็ดมะม่วงหิมะพานต์ (อดิศักดิ์ และ สมเกียรติ, 2541) และ ยางพาราแผ่น (Tasara *et al.*, 2009) โดยพริกไทยแห้งมีความหนาแน่นปรากฏเท่ากับ 439.44 $\pm$ 9.75 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และจากรูปจะเห็นว่าความหนาแน่นปรากฏและความชื้นของพริกไทยมีความสัมพันธ์ในลักษณะเป็นเส้นตรง จากผลการวิเคราะห์การถดถอยได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับร้อยละ 95.92

$$\rho_b = 430.66 + 0.8821M \qquad R^2 = 95.92\% \tag{2}$$

เมื่อ ρ_b คือ ความหนาแน่นปรากฏ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
และ M คือ ความชื้นของพริกไทย (ร้อยละมาตรฐานแห้ง)

Figure 1 Calorimeter

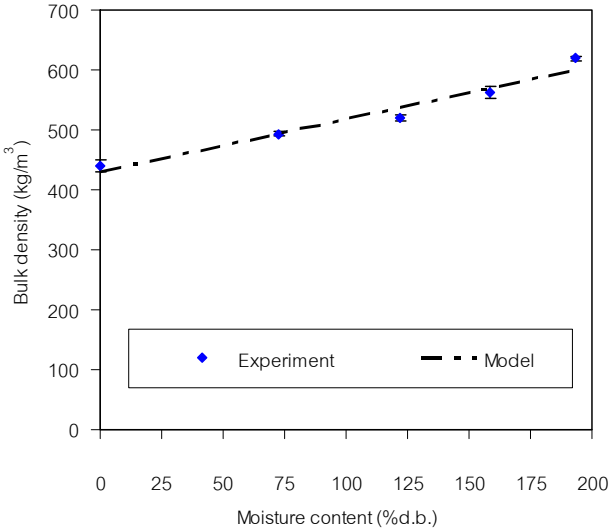

Figure 2 Bulk density of pepper with different moisture content

ร้อยละช่องว่างของอากาศระหว่างเมล็ดพริกไทยที่ความชื้นต่างๆ แสดงใน Figure 3 จากรูปจะเห็นว่าพริกไทยแห้งมีร้อยละช่องว่างอากาศเท่ากับร้อยละ 32.17 $\pm$ 0.29 และเมื่อพริกไทยมีความชื้นสูงขึ้นจะมีร้อยละช่องว่างของอากาศเพิ่มขึ้น ซึ่งให้ผลการทดลองเป็นไปในทางตรงกันข้ามกับงานวิจัยที่ผ่านมาของเมล็ดมะม่วงหิมะพานต์ (อดิศักดิ์ และ สมเกียรติ, 2541) และยางพาราแผ่น (Tasara *et al*., 2009) ทั้งนี้ร้อยละช่องว่างของอากาศอาจขึ้นกับรูปร่างของผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนไปขณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความชื้น เนื่องจากเมล็ดพริกไทยมีลักษณะเป็นทรงกลม เมื่อความชื้นของพริกไทยลดลงจะทำให้พริกไทยเกิดการหดตัว มีเส้นผ่านศูนย์กลางลดลงจึงมีผลให้ช่องว่างระหว่างเมล็ดของพริกไทยมีค่าลดลง และจากรูปจะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละช่องว่างของอากาศกับความชื้นของพริกไทยมีลักษณะเป็นเส้นตรง โดยเมื่อทำการวิเคราะห์การถดถอยจะได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 3 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับร้อยละ 95.29

$$\varepsilon = 31.94 + 0.0234M \qquad R^2 = 95.29\% \tag{3}$$

เมื่อ ε คือ ร้อยละช่องว่างของอากาศ (ร้อยละ)
และ M คือ ความชื้นของพริกไทย (ร้อยละมาตรฐานแห้ง)

ความร้อนจำเพาะของพริกไทยที่ความชื้นต่างๆ ดังแสดงใน Figure 4 จากรูปจะเห็นว่าพริกไทยแห้งมีค่าความร้อนจำเพาะเท่ากับ 1902.75 $\pm$ 125.53 จูลต่อกิโลกรัมองศาเซลเซียส และเมื่อพริกไทยมีความชื้นสูงขึ้นจะทำให้ค่าความร้อนจำเพาะมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากพริกไทยแห้งมีค่าความร้อนจำเพาะน้อยกว่าน้ำ ดังนั้นความร้อนจำเพาะของพริกไทยจึงมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของความชื้นที่เพิ่มขึ้นภายในเมล็ดพริกไทย ซึ่งให้ผลการทดลองในทำนองเดียวกับวัสดุทางการเกษตรอื่นๆ เช่น เมล็ดมะม่วงหิมะพานต์ (อดิศักดิ์ และ สมเกียรติ, 2541) และยางพาราแผ่น (Tasara *et al*., 2009) โดยความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนจำเพาะและความชื้นของพริกไทยมีลักษณะเป็นเส้นตรง และเมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์จะได้ดังสมการที่ 4 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับร้อยละ 94.39

$$C_p = 2003.4 + 7.5844\,M \qquad R^2 = 94.39\% \qquad (4)$$

เมื่อ C_p คือ ความร้อนจำเพาะ (จูลต่อกิโลกรัม)

และ M คือ ความชื้นของพริกไทย (ร้อยละมาตรฐานแห้ง)

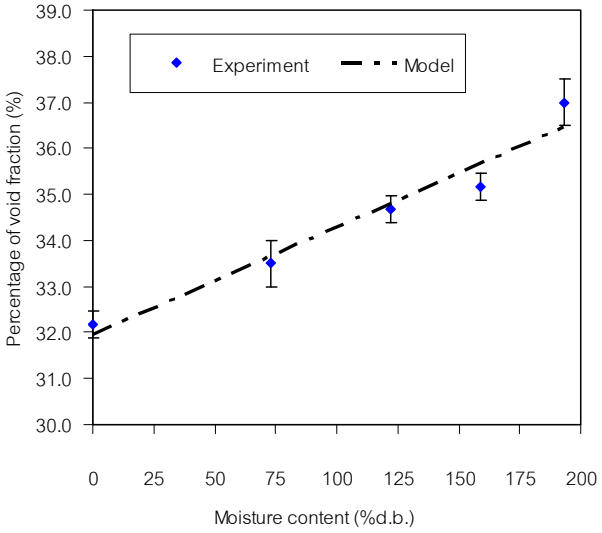

Figure 3 Percentage of void fraction of pepper with different moisture content

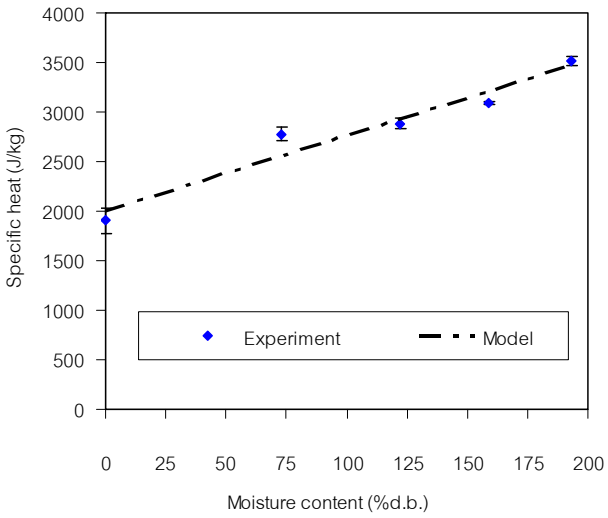

Figure 4 Specific heat of pepper with different moisture content

สรุป

สมบัติทางฟิสิกส์เชิงความร้อนซึ่งได้แก่ ความหนาแน่นปรากฏ ความร้อนจำเพาะ และร้อยละช่องว่างอากาศของพริกไทย มีความสัมพันธ์กับความชื้นของพริกไทยในลักษณะเป็นเส้นตรง โดยสมบัติทางฟิสิกส์เชิงความร้อนของพริกไทยทั้งหมดที่ได้ทำการศึกษามีค่าลดลง เมื่อความชื้นของพริกไทยลดลง และพริกไทยแห้งมีค่าความหนาแน่นปรากฏ ความร้อนจำเพาะ และร้อยละช่องว่างของอากาศเท่ากับ 439.44 kg/m^3, 1902.75 J/kg°C และ 32.17% ตามลำดับ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่สนับสนุนสถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการดำเนินการวิจัย และขอบขอบคุณ คุณนันทิยา บัวตรี ที่สนับสนุนพริกไทยสำหรับการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ใจทิพย์ วานิชชัง, ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, มานพ ลี้โกมลชัย และ ไพโรจน์ รัตนชัย. 2549. การวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งพริกไทยสำหรับเกษตรกร. วิทยาศาสตร์เกษตร 37: 166 – 169.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2551. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. หน้า 92 - 93.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. หน้า 46 - 47.

อดิศักดิ์ นาถกรณกุล และ สมเกียรติ ปรัชญาวรากร. 2541. การหาคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์. วารสารเกษตรศาสตร์ 32: 171 - 186.

Tasara, J., S. Tirawanichakul and Y. Tirawanichakul. 2009. Water sorption isotherm and thermo-physical properties for the analysis of block and rubber drying. Proc. The 5th Conference on Energy Network of Thailand, Phitsanulok, Thailand. 8 p.