# บทที่ 2

# งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์

การศึกษาการอบแห้งกากมะพร้าวโดยใช้วิธีของการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดนั้น ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาอย่างจริงจัง แต่ได้มีการศึกษาการอบแห้งผลิตภัณฑ์อื่น ๆ โดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันมาบ้างแล้วทั้งในและต่างประเทศ เช่น ข้าวเปลือก ข้าวโพด ถั่วเหลือง ต้นหอมสับ ฯลฯ ดังนี้

วิชัย เพชรดายดา[1] ได้ศึกษาการอบแห้งอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อการอบแห้งต้นหอมสับ และพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายอัตราการอบแห้งต้นหอมสับโดยวิธีฟลูอิไดเซชัน โดยทำการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 75-105 $^{o}$C ความชื้นเริ่มต้นหอมสับ 93-94 % มาตรฐานเปียกและความชื้นสุดท้ายของต้นหอมสับประมาณ 12-25 % มาตรฐานเปียก ผลการทดลองพบว่าความเร็วต่ำสุดที่เกิดฟลูอิไดเซชันของต้นหอมสับที่ความชื้นเริ่มต้น 94.2%, 71.4%, 54.8%, 5.3% มาตรฐานเปียกจะมีค่าความเร็วประมาณ 1.36, 1.2, 0.95, 0.62 m/s ที่อุณหภูมิของอากาศ 32$^{o}$C ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้งได้แก่ อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเบดและอัตราการไหลจำเพาะของอากาศ และพบว่าควรจะใช้แผ่นกระจายลมที่มีขนาดของรูไม่มากไปกว่า 0.1 cm เพราะถ้าใช้ขนาดของรูที่มีขนาดใหญ่ จะทำให้เกิดการกระจายของอากาศไม่ดี และจะเกิดปรากฏการณ์ Channelling โดยมีสมการการอบแห้งต้นหอมสับอยู่ในรูปของสมการ

$$MR=\exp(-xt^{y}) \qquad (2.1)$$

โดยที่ $x = 2.206309 - 0.000262T - 1.07381(SP) + 0.002514(SP*T) + 1.10703 \ln(SP)$

$y = -0.043094 + 0.286566T + 0.286566(SP) - 0.000719(SP*T) - 0.175074\ln(SP)$

ซึ่ง MR = อัตราส่วนความชื้นไร้หน่วย

t = เวลาอบแห้ง, นาที

T = อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเบด, $^{o}$C

SP = อัตราการไหลอากาศจำเพาะ, kg/s-kg dry matter

อรอนงค์ ศรีพวาทกุล[2] ได้ทำการศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกโดยวิธีฟลูอิไดซ์เบดอย่างต่อเนื่อง พบว่าอัตราการไหลอากาศจำเพาะยิ่งมากจะสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกได้มากกว่าและที่ความสูงของเบดเพิ่มขึ้น การอบแห้งจะต้องใช้เวลานานขึ้น และในกรณีที่ชั้นข้าวเปลือกสูงขึ้น

เกินกว่า 10 cm จะมีแนวโน้มที่จะเกิดฟองก๊าซขนาดใหญ่มากขึ้น ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนและมวลลดลง และเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดอย่างต่อเนื่องควรมีแผ่นกั้นแบ่งส่วนอบแห้งเป็นห้องประมาณ 4-8 ห้อง (ระยะห่างแผ่นกั้น 10-20 cm) จะทำให้พฤติกรรมการไหลคล้ายแบบลูกสูบ (plug flow)

Ratna Rani Sharma[3] ได้ทำการศึกษาการอบแห้งชิ้นมะม่วงและมันสำปะหลังในรูปทรงที่แตกต่างกันออกไป โดยวิธีฟลูอิไดซ์เบด โดยตัวอย่างทดลองจะมีรูปทรงสี่เหลี่ยมทรงกระบอก ครึ่งทรงกระบอก และปริซึม พบว่าค่า diffusion coefficient, D ของรูปทรงกระบอกจะมีค่าสูงกว่าสี่เหลี่ยม 2-3 เท่า และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศเข้าจะมีผลให้ค่า D เพิ่มขึ้น ความยาวของตัวอย่างที่มีค่าตั้งแต่ 10, 15 และ 20 mm ไม่มีผลต่อค่า D โดยสามารถหาค่าคงที่ของสมการการอบแห้งแบบ simple log model ดังนี้

$$MR = \exp(-kt) \qquad (2.2)$$

สำหรับมันฝรั่ง

$$\ln(k) = -0.26608 - 0.000199T^2 - 76955(V/S)^2 - 1.08923 \times 10^{-7}(S/V)^2 + 0.000818(S/V)$$

สำหรับมะม่วง

$$\ln(k) = -0.89008 + 0.000159(T)^2 - 84841.5(V/S)^2 - 2.30385 \times 10^{-7}(S/V)^2 + 0.001795(S/V)$$

โดยที่ S = พื้นที่ผิว($m^2$)

V = ปริมาตร ($m^3$)

D = สัมประสิทธิ์อัตราการแพร่ความชื้น, $m^2/h$

Somnuek Supawaropas[4] ได้ทำการศึกษาการอบแห้ง paddy แบบ 2 stages พบว่าตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งได้แก่ อุณหภูมิอากาศเข้าเบด, ความชื้นเริ่มต้นของข้าวและความสูงของเบด โดยอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเบดจะเป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุด ในการทดลองความชื้นของข้าวเริ่มต้น 26% มาตรฐานเปียก จะสามารถลดเหลือ 15-18% มาตรฐานเปียกได้ภายใน 3 นาที และแบบจำลองแบบ modified logarithmic model จะสามารถทำนายความชื้นได้ดีกว่าแบบ simple logarithmic model โดยมีสมการดังนี้

สำหรับ first-stage

$$MR = \exp(-k''.t^{0.7190}) \quad (2.3)$$

โดยที่ $k'' = 0.0032.Ta^{1st} - 0.1082$

สำหรับ second-stage

$$MR = \exp(-k.t^{0.52803}) \quad (2.4)$$

โดยที่ $k = 0.009772*Ta^{2nd} - 0.00606*IMC - 0.00029*Ta^{2nd}*IMC + 0.0092691$

เมื่อ Ta = อุณหภูมิอากาศเข้าเบด

IMC = ความชื้นเริ่มต้น

รัตนา ม่วงรัตน์[5] ได้ทำการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการอธิบายการถ่ายเทความร้อนในสภาวะไม่คงตัว (unsteady state) ในฟลูอิไดซ์เบด พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วของก๊าซร้อนขึ้นจะช่วยให้เบดขยายตัวได้ดี ทำให้เกิดการสัมผัสและแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซและอนุภาคได้รวดเร็ว ระบบที่บรรจุอนุภาคขนาดใหญ่จะมีสัดส่วนช่องว่างสูงและต้องใช้ความเร็วก๊าซป้อนสูงกว่าอนุภาคขนาดเล็ก ส่งผลให้การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซและอนุภาคมีมากกว่า การศึกษาอิทธิพลของขนาดคอลัมน์พบว่า เมื่อเพิ่มขนาดคอลัมน์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิของก๊าซและอนุภาคลดลง เนื่องด้วยคอลัมน์ขนาดเล็กมีการกระจายอนุภาคสม่ำเสมอตลอดทั้งเบดมากกว่าคอลัมน์ขนาดใหญ่ ทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซและอนุภาคสูง

สุรชัย ภัทรพงศ์เกษม[6] ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของแผ่นกระจายอากาศและการเกาะกันของอนุภาคที่มีต่อฟลูอิไดเซชัน โดยใช้อนุภาคเม็ดพลาสติกขนาด 0.6 cm. ในหอทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1416 m. พบว่า เมื่อเกิดการเกาะกันของอนุภาคมากขึ้นจาก 1 เม็ดเป็น 2 4 5 และ 6 เม็ด ขนาดของอนุภาคจะใหญ่ขึ้น ค่าความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันจะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 1.6 1.7, 1.85ม 2.1 และ 2.2 m/s ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้นน้ำหนักก็จะเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดแรงต้านการเคลื่อนที่มากขึ้นซึ่งก็คือแรงลอยตัว จึงต้องใช้ความเร็วอากาศสูงขึ้นในการทำให้เกิดฟลูอิไดเซชัน ในการจำลองการไหลของแผ่นกระจายพบว่า แผ่นกระจายอากาศที่มีการเจาะในลักษณะแบบตรงและแบบเฉียงด้วยนั้นจะให้ผลของการกระจายดีที่สุด เพราะทำให้เกิดการหมุนวนและเกิดแรงเฉือนขึ้น

ลือชัย ธรรมวินัยสถิต[7] ได้ทำการศึกษาการอบแห้งข้าวนึ่งในฟลูอิไดซ์เบดโดยใช้พลังงานความร้อนจากเตาเผาไหม้แกลบแบบฟลูอิไดซ์เบดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร อัตราการป้อนแกลบ 2,825 กรัมต่อชั่วโมง และป้อนอากาศ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แล้วนำพลังงานความ

ร้อนไปใช้ร่วมกับอากาศร้อน 170 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่มาจากเครื่องอุ่นอากาศสำหรับการอบแห้งข้าวนึ่งในเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด ขนาดกว้าง 6 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร ด้วยอัตราการป้อนข้าวนึ่ง 6.5 กิโลกรัม(น้ำหนักแห้ง)ต่อชั่วโมง โดยปรับอุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่เครื่องอบแห้งที่ 120, 130, 140 และ 150 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แต่ละอุณหภูมิปรับความสูงของเบดเป็น 3, 3.5, 4 และ 4.5 เซนติเมตร ตามลำดับ พบว่า เตาเผาไหม้แกลบนี้สามารถให้พลังงานกับเครื่องอบแห้งได้ประมาณร้อยละ 50-55 ปริมาณแกลบที่คำนวณได้จากปริมาณข้าวนึ่งถ้านำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนได้ร้อยละ 66 ของความร้อนจากเตาเผาไหม้ ประสิทธิภาพรวมของการอบแห้งเป็นร้อยละ 7-11 ในการอบแห้งช่วงแรก และร้อยละ 2-4 ในการอบแห้งช่วงที่สอง ความร้อนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 90 สูญเสียไปกับอากาศร้อนที่ออกจากคอลัมน์

รัตนา ศานติยานนท์[8] ได้ทำการศึกษาการทำข้าวนึ่งให้แห้งในฟลูอิไดซ์เบด เริ่มด้วยการออกแบบและสร้างฟลูอิไดซ์เบด โดยศึกษาการทำงานของเครื่องมือวิจัยทั่งแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง พบว่าเทคนิคทางฟลูอิไดซ์เบดสามารถนำมาใช้กับการทำข้าวนึ่งให้แห้งได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง ระบบที่ใช้ควรเป็นระบบที่มีการป้อนข้าวแบบต่อเนื่อง เพราะจะทำให้สะดวกรวดเร็วโดยที่ยังได้ข้าวที่มีคุณภาพดี สภาวะที่เหมาะสมที่ควรนำไปใช้คือ อุณหภูมิของอากาศร้อน 183 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.65 กิโลกรัมต่อวินาทีต่อตารางเมตร และอัตราการผลิตข้าวนึ่ง 31.6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ปราโมทย์ อำพนธ์ และ ศุภวัฒน์ นาควิมล[9] ได้ทำการศึกษาการอบแห้งชานอ้อยโดยวิธีฟลูอิไดเซชัน โดยศึกษาถึงตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้งและสภาวะที่เหมาะสมต่อการอบแห้งชานอ้อยด้วยวิธีฟลูอิไดเซชัน พบว่าที่ความเร็วอากาศร้อนขาเข้าเครื่องคงที่ 3.52 เมตร/วินาที ความชื้นของชานอ้อยเริ่มต้นร้อยละ 73.68 เมื่ออบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดเซชันที่อุณหภูมิภายในเครื่อง 65 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่อยู่ภายในเครื่องคอ 10, 15 และ 20 นาที จะมีความชื้นของชานอ้อยที่ออกมาร้อยละ 15.16, 13.20 และ 10.83 ตามลำดับ ในขณะที่กำหนดสภาวะอุณหภูมิคงที่ที่ 65 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่อยู่ในเครื่องเท่ากับ 5 นาที ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 74.71 พบว่า ความเร็วอากาศร้อนขาเข้าเครื่องเท่ากับ 3.52, 6.25 และ 6.93 เมตร/วินาที ได้ความชื้นหลังอบแห้งเท่ากับร้อยละ 27.65, 24.35 และ 28.48 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งในการทดลองนี้คือ ที่ความเร็วอากาศร้อนขาเข้าเครื่องเท่ากับ 3.59 เมตร/วินาที อุณหภูมิภายในเครื่อง 65 องศาเซลเซียสและระยะเวลาที่อยู่ภายในเครื่องคือ 20 นาที

ชัยฤทธิ์ สัตยาประเสริฐ[10] ได้ทำการศึกษาการอบแห้งข้าวโพดในฟลูอิไดซ์เบด พบว่าตัวแปรที่มีผลต่อการอบแห้งได้แก่ อุณหภูมิอากาศร้อน ความสูงเบด และความเร็วอากาศ ซึ่งอุณหภูมิอากาศร้อนจะมีผลต่อการอบแห้งมากที่สุด โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศร้อน อัตราการอบแห้งจะเพิ่ม

ขึ้น เมื่อเพิ่มความสูงของเบดขึ้น อัตราการอบแห้งจะลดลง และความเร็วอากาศร้อนที่ใช้อบแห้งมีผลต่ออัตราการอบแห้งน้อยมาก

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมานั้น พบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้งได้แก่ อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าเบด, ความสูงของเบด และความเร็วของอากาศเข้าเบด โดยอิทธิพลของความเร็วของอากาศและความสูงของเบดจะแสดงอยู่ในรูปของอัตราการไหลอากาศจำเพาะ(SP)

แผ่นกระจายอากาศที่ดีจะช่วยให้เกิดฟลูอิไดซ์เบดที่ทั่วถึง และไม่เกิดโพรงอากาศในเครื่องฟลูอิไดซ์เบด ซึ่งสมการทำนายความชื้นในรูปแบบ exponential สามารถใช้ทำนายความชื้นที่เวลาต่าง ๆ ของการอบแห้งได้ดีพอสมควร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย