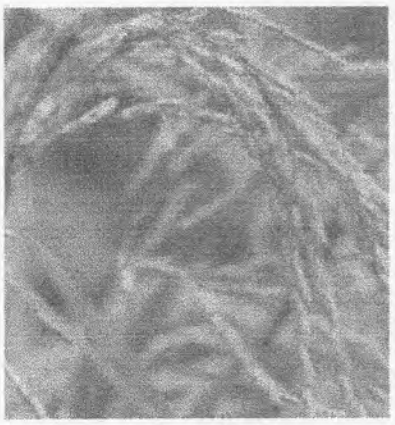
สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (Khao Dawk Mali 105) (รูปที่ 2.1) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. ปลูกมากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือตอนบน มีผลผลิตต่อไร่โดยเฉลี่ยประมาณ 363 กิโลกรัม พันธุ์ข้าวไทยเป็นสินค้าส่งออกที่รู้จักดีทั่วโลก โดยปริมาณการส่งออกในปี 2551 มีมูลค่ามากถึง 36,872.07 ล้านบาท (สำนักมาตรฐานสินค้านำเข้าส่งออก, 2551) ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณแอมิโลส 12-17 % จัดเป็นข้าวในกลุ่มที่มีปริมาณแอมิโลสปานกลาง (เอกสารเศรษฐกิจการเกษตร, 2538)



รูปที่ 2.1 ข้าวขาวดอกมะลิ 105
ที่มา: อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547

2.2 คำจำกัดความของข้าว

มาตรฐานสินค้าข้าว (มาตรฐานข้าวไทย, 2540) ได้กำหนดความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานไว้ดังนี้

ข้าวเปลือก (Paddy rice, Rough rice) หมายถึง ข้าวที่ยังไม่ผ่านการกะเทาะเอาเปลือกออก

ข้าวกล้อง (Cargo rice, Loonzain rice, Brown rice, Husked rice) หมายถึง ข้าวที่ผ่านการกะเทาะเอาเปลือกออกเท่านั้น

ข้าวขาว (White rice) หมายถึง ข้าวที่ได้จากการนำข้าวกล้องขัดเอารำออก

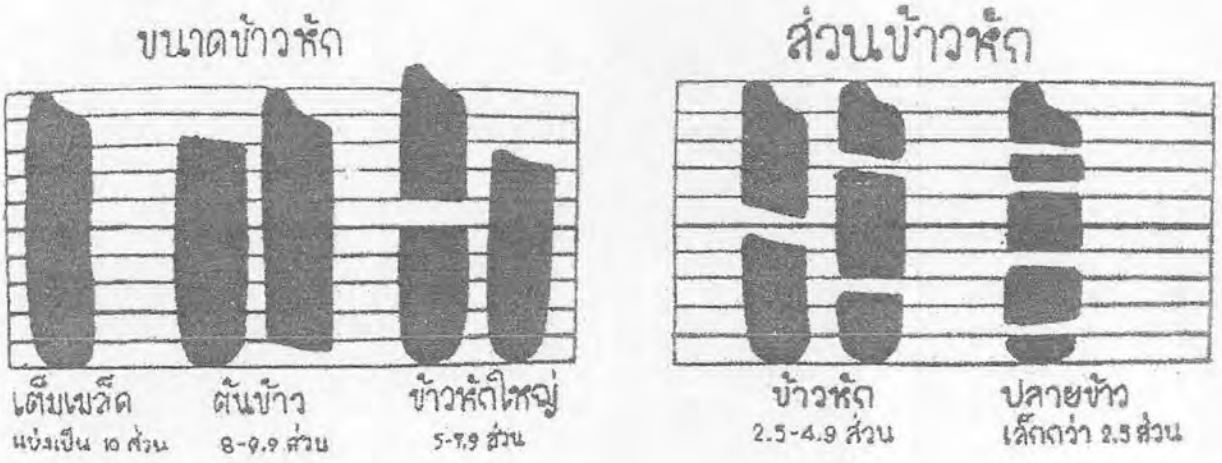
ส่วนของเมล็ดข้าว (Parts of rice kernels) หมายถึง ส่วนของข้าวเต็มเมล็ดแต่ละส่วนที่แบ่งตามความยาวของเมล็ดออกเป็น 10 ส่วน เท่าๆกัน ดังรูปที่ 2.2

ข้าวเต็มเมล็ด (Whole kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่อยู่ในสภาพเต็มเมล็ด ไม่มีส่วนใดหักและให้รวมถึงเมล็ดข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 9 ส่วนขึ้นไป

ข้าวต้น หรือ ต้นข้าว (Head rice) หมายถึง เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวมากกว่าข้าวหักแต่ไม่ถึงความยาวของข้าวเต็มเมล็ด และให้รวมถึงเมล็ดข้าวหักแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ตั้งแต่ร้อยละ 80 ของเมล็ด

ข้าวหัก หมายถึง เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 2.5 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึงความยาวของต้นข้าว และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ไม่ถึงร้อยละ 80 ของเมล็ด เปอร์เซ็นต์ข้าวต้นที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทางการค้าคือเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นสัมพัทธ์ $\geq 80\%$ (Soponronnarit *et al.*, 1999)

ในระหว่างกระบวนการอบแห้งและขัดสีข้าวเปลือกจะพบข้าวหัก ข้าวหักนี้มีราคาต่ำและนิยมใช้เป็นอาหารสัตว์ ข้าวหักที่มีขนาดใหญ่จะขายได้ราคามากกว่าข้าวหักขนาดเล็กอยู่เพียงเล็กน้อย ในขณะที่ข้าวหักที่มีขนาดเล็กกว่าจะขายได้ราคาน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของราคาข้าวเต็มเมล็ด (Webb, 1972)



รูปที่ 2.2 ส่วนของข้าวหักและขนาดของข้าวหัก
ที่มา: มาตรฐานข้าวไทย (2540)

2.3 คุณภาพของข้าว

คุณภาพข้าวที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการซื้อขายพิจารณาจากคุณภาพจากด้านต่างๆ ได้แก่ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนักเมล็ด สีของข้าวเปลือก สีของข้าวกล้อง ขนาดและรูปร่าง ปริมาณสิ่งเจือปนที่ติดมากับเมล็ดข้าวเปลือก ลักษณะท้องไข่ ความมันของเมล็ด ความขาวของเมล็ดข้าวสาร และความใสของเมล็ดข้าวสาร เป็นต้น

คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ความชื้นของข้าวเปลือก และกลิ่นสารระเหยในข้าว ข้าวเปลือกที่มีความชื้น 16 %(d.b) ขายได้ราคาดีกว่าข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูง ข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงจะขายได้ราคาต่ำ เพราะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่ออบแห้งข้าวเปลือกมากขึ้น

คุณภาพการสีข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร สิ่งสำคัญที่ใช้ประเมินข้าวเปลือก คือ ปริมาณข้าวเต็มเมล็ด และเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น ถ้ามีปริมาณมาก ราคาข้าวเปลือกจะสูง

คุณภาพเมล็ดในการหุงต้มและการรับประทาน

ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและสมบัติทางเคมีของแป้งในเมล็ดข้าว ดังนี้

(สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ สมเกียรติ ปรัชญาวรากร และ ชัยยงค์ เตชะไพโรจน์, 2550)

ก.ปริมาณแอมิโลส (Amylose) การหุงต้มข้าวแอมิโลสสูงต้องใช้น้ำมาก และเมื่อหุงสุกข้าวจะมีลักษณะร่วนฟู ข้าวหุงขึ้นหม้อ ในขณะที่ข้าวแอมิโลสต่ำเป็นข้าวเหนียวเกาะติดกันเป็นก้อนและไม่ขึ้นหม้อ

ข. ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency) หากเปรียบเทียบความคงตัวของข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสเท่ากัน จะพบว่าข้าวที่มีค่าความคงตัวตัวมากเมื่อหุงสุกมีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มกว่าข้าวที่มีคงตัวน้อย

ค. อุณหภูมิที่แป้งสุก (Gelatinization temperature) ข้าวเหนียวที่มีอุณหภูมิที่แป้งสุกสูงหรือปานกลาง ส่งผลให้ข้าวนึ่งสุกยากหรือมีลักษณะนึ่งไม่สุก ข้าวเจ้าหากเป็นข้าวแอมิโลสต่ำและมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ อาจทำให้ข้าวที่หุงได้มีลักษณะแฉะ

ง. การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongation ratio) ในระหว่างการหุงข้าวสารเมล็ดข้าวจะขยายตัวในแนวยาวของข้าว ทำให้ข้าวหุงขึ้นหม้อ

จ. กลิ่นหอม ข้าวที่หุงสุกจะมีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย เนื่องจากมีสาร 2-Acetyl-1-Pyrorine ซึ่งเป็นสารหอมระเหยในข้าว สามารถวิเคราะห์หาสาร 2-Acetyl-1-Pyrorine ได้โดยใช้เครื่อง Gas chromatography

2.4 แป้งข้าวเจ้า

แป้งข้าวเจ้า หมายถึง แป้งที่ได้จากข้าวขาวทั้งที่เป็นข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักใหญ่ (ข้าวหักที่มีขนาด 5-7.9 ส่วนของข้าวเต็มเมล็ด) ข้าวหักหรือปลายข้าว ที่ได้จากการสีข้าวเปลือกเจ้า (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2529) นอกจากนี้ยังมีผู้ให้คำนิยามว่า แป้งข้าวเจ้าหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากข้าวหักที่ได้จากการขัดสีมาบดหรือโม่ ดังนั้นสารประกอบของแป้งข้าวเจ้าจึงประกอบด้วยสารอาหารต่างๆที่มีอยู่ในวัตถุดิบทั้งหมด คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใย และแร่ธาตุต่างๆเป็นต้น (Winton and Winton, 1986)

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

องค์ประกอบต่างๆของข้าว แสดงดังตารางที่ 2.1 และสมบัติแป้งข้าวเจ้า แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของข้าวเจ้า

องค์ประกอบ	ปริมาณ (g/100 g dry basis)
คาร์โบไฮเดรต	88.90
โปรตีน	9.80
ไขมัน	0.50
เถ้า	0.60
เส้นใย	0.30

ที่มา: Kent (1983)

ตารางที่ 2.2 สมบัติของแป้งข้าวเจ้า

สมบัติของแป้งข้าวเจ้า	หน่วย
ขนาดเม็ดแป้ง	6.8 (ไมครอน)
ปริมาณแอมิโลส	18-27 (g/100 g starch)
Degree of polymerization ของแอมิโลส	900-1,100
Onset gelatinization temperature	60 (T_o, °C)
Peak gelatinization temperature	77 (T_p, °C)

ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (2543)

2.5 การผลิตแป้งข้าวเจ้า

วัตถุดิบที่ใช้ผลิตแป้งข้าวเจ้าคือข้าวหักหรือปลายข้าว มีกรรมวิธีการผลิต 3 วิธีคือ 1. วิธีโม่แห้ง คือการโม่ข้าวโดยใช้เครื่องบดหรือเครื่องแฮมแมอร์มิลล์ 2. วิธีโม่เปียก คือการโม่ข้าวที่ผ่านการแช่น้ำหนึ่งคืน ในระหว่างที่โม่เปียกจะเติมน้ำระหว่างโม่ในอัตราส่วนข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1:5 จากนั้นนำส่วนของแป้งที่ตกตะกอนไปอบแห้ง 3.วิธีผสม คือวิธีการโม่แห้งและตามด้วยวิธีโม่เปียก แป้งที่ได้จากการโม่แห้งมีคุณภาพต่ำ เม็ดแป้งที่ได้มีลักษณะหยาบและมีสิ่งเจือปนสูง อายุการเก็บรักษาสั้นเพราะมีกลิ่นหืนและถูกทำลายจากแมลงได้ง่าย วิธีโม่น้ำหรือโม่เปียกจึงเป็นวิธีที่ใช้ในการผลิตแป้งข้าวเจ้าข้าวเจ้าในปัจจุบัน เพราะได้แป้งที่มีคุณภาพดีมีความละเอียดและมีสิ่งเจือปนน้อย (พรวีนัส ปั้นหยา, 2544)

2.6 การทำแห้งข้าวเปลือก

หลังการเก็บเกี่ยวข้าวและนวดข้าว ข้าวเปลือกที่ได้ยังคงมีความชื้นในเมล็ดข้าวสูง การลดความชื้นในเมล็ดข้าวจึงมีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา อัตราการเสื่อมคุณภาพ การเข้าทำลายของแมลงในโรงเก็บและเชื้อรา ดังนั้น หลังการเก็บเกี่ยวและนวดต้องรีบตากหรือลดความชื้นเมล็ดข้าวให้เร็วที่สุด เพื่อลดอัตราการหายใจของเมล็ดข้าวและการเกิดเชื้อรา ซึ่งเป็นต้นเหตุให้เมล็ดข้าวเสื่อมคุณภาพเร็วยิ่งขึ้น (กิติยา กิจควรดี, 2547) การทำแห้งข้าวเปลือกจึงเป็นวิธีที่สำคัญหลังการเก็บเกี่ยวข้าวเพราะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและป้องกันการเสื่อมสลาย ลดการทำลายจากราและป้องกันการคุกคามจากแมลง (Henderson and Perry, 1997) ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาข้าวเปลือกมีค่าประมาณ 13-15 %(w.b) (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2540) การทำแห้งข้าวเปลือกสามารถทำได้หลายวิธีได้แก่

2.6.1 การตากแห้ง (Sun Drying)

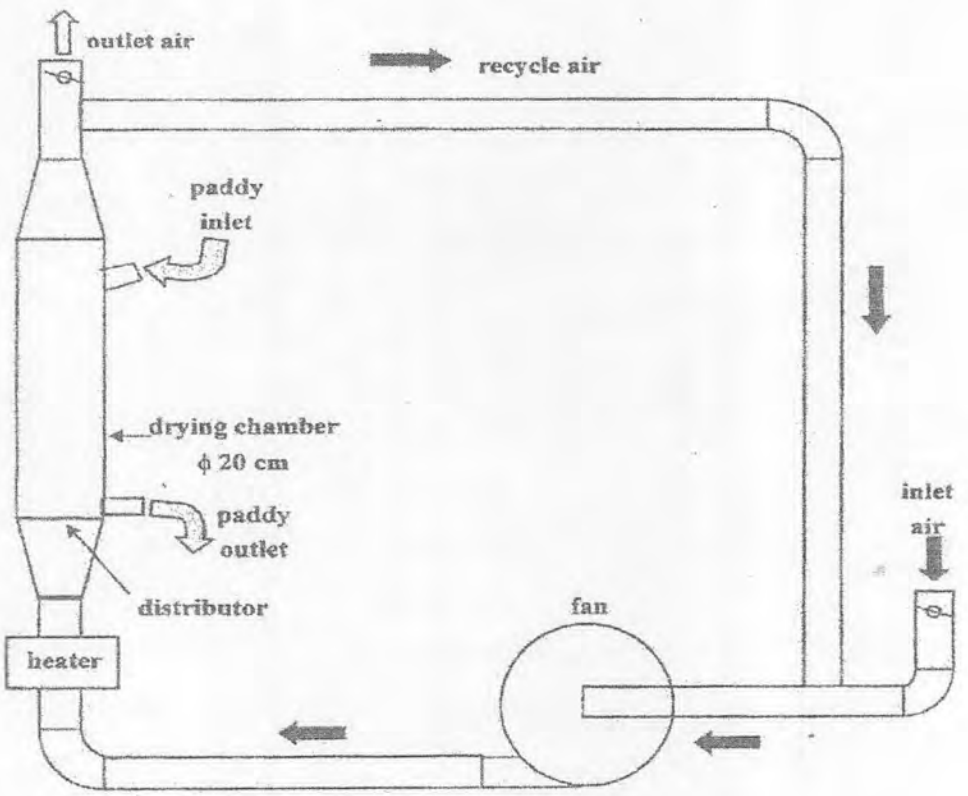
การตากแห้งข้าวเปลือกเป็นวิธีที่แพร่หลายที่สุด การตากแห้งเป็นวิธีที่ง่าย เงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่ำ ไม่ต้องการพลังงานอื่นหรือความเชี่ยวชาญของแรงงาน แต่มีข้อเสียที่สำคัญคือควบคุมสภาวะการทำแห้งยาก ให้อัตราการทำแห้งต่ำกว่าเครื่องอบแห้งอื่นๆ ทำให้ข้าวเปลือกมีคุณภาพต่ำและมีความแตกต่างกันสูง นอกจากนี้การตากแห้งยังขึ้นอยู่กับฤดูกาล ใช้เวลานานและใช้แรงงานสูงกว่าวิธีอื่นๆ (วิไล รังสาดทอง, 2546)

2.6.2 การอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชัน

ฟลูอิไดเซชัน หมายถึงกระบวนการที่ของแข็งสัมผัสกับของไหลแล้วมีสมบัติคล้ายของไหล โดยทำให้ของแข็งลอยอยู่ในตัวกลางที่เป็นของไหล ฟลูอิไดเซชันเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้เมล็ดพืช หรืออนุภาคของแข็งมีการเคลื่อนที่คล้าย ของไหลได้ โดยให้กระแสของไหลผ่านชั้นของวัสดุด้วยความเร็วสูงเพียงพอทำให้แรงเสียดทานผิวของวัสดุกับกระแสของไหลสมดุลกับน้ำหนักของวัสดุในห้องอบแห้ง โดยทั่วไปความเร็วของอากาศที่ใช้อบแห้งเมล็ดพืชนั้นควรมีค่าเท่ากับ 1.5 เท่าของความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิไดเซชัน ด้วยลักษณะของฟลูอิไดเซชันที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เมล็ดข้าวสัมผัสกับอากาศร้อนเป็นไปได้อย่างทั่วถึง เมื่อใช้อุณหภูมิสูงมากในการอบแห้งข้าวเปลือก ส่งผลให้ความชื้นของข้าวเปลือกลดลงได้อย่างรวดเร็ว และมีเวลาในการอบแห้งสั้นเมื่อเทียบกับเครื่องอบแห้งชนิดอื่นๆ (สมชาติ และคณะ, 2550)

ในระหว่างการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิสูง(รูปที่ 2.3) น้ำอิสระบริเวณผิวของข้าวเปลือกจะระเหยไปและเกิดเจลาติไนเซชันในบางส่วนของเมล็ดข้าว โดยแป้งในเมล็ดข้าวจะพองตัวเมื่อได้รับความร้อน ทำให้โปรตีนเสียสภาพและจับกับแอมิโลสส่งผลให้แป้งภายในเมล็ดข้าวยึดเกาะกันมากขึ้น (ณัฐพล ภูมิสะอาด, 2540 ; Taweerattanapanish *et al.*, 1999) ส่งผลให้เมล็ดข้าวมีความคงทนต่อการขัดสีมากขึ้น

รวิศรา อิ่มภาประเสริฐ (2549) ได้ศึกษาถึงผลการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิต่างๆตามด้วยเทมเปอริง ในการเก็บต่อปริมาณ 2AP และคุณภาพการสีข้าวขาวดอกมะลิ 105 *Oryza sativa* L. พบว่าที่อุณหภูมิการอบแห้งข้าวเปลือกที่ 150°C มีเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นสูงที่สุดเมื่อเทียบข้าวที่ผ่านการทำแห้งโดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 150°C



รูปที่ 2.3 ฟลูอิไดเซชันด้วยลมร้อน
ที่มา: Taweerattanapanish และคณะ (1999)

ข้อดีของเทคนิคฟลูอิไดเซชัน (Shibata ,2000)

1.จากสมบัติที่เม็ดของแข็งมีพฤติกรรมเคลื่อนที่คล้ายของไหล ทำให้สามารถควบคุมระบบได้ง่าย และสามารถทำงานแบบต่อเนื่องได้

2.เม็ดของแข็งมีการผสมกันอย่างรวดเร็ว และสม่ำเสมอ ทำให้อุณหภูมิภายในเบดมีค่าคงที่เท่ากันทุกจุด (เบด คือ ส่วนที่ใช้บรรจุข้าวเปลือกที่จะอบแห้ง)

3.เนื่องจากมีการผสมเม็ดของแข็งอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ ทำให้ระบบนี้เหมาะสมในกรณีที่ปฏิกิริยาที่มีการดูด หรือคายความร้อนเป็นปริมาณมากๆ เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูง จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนได้ดี

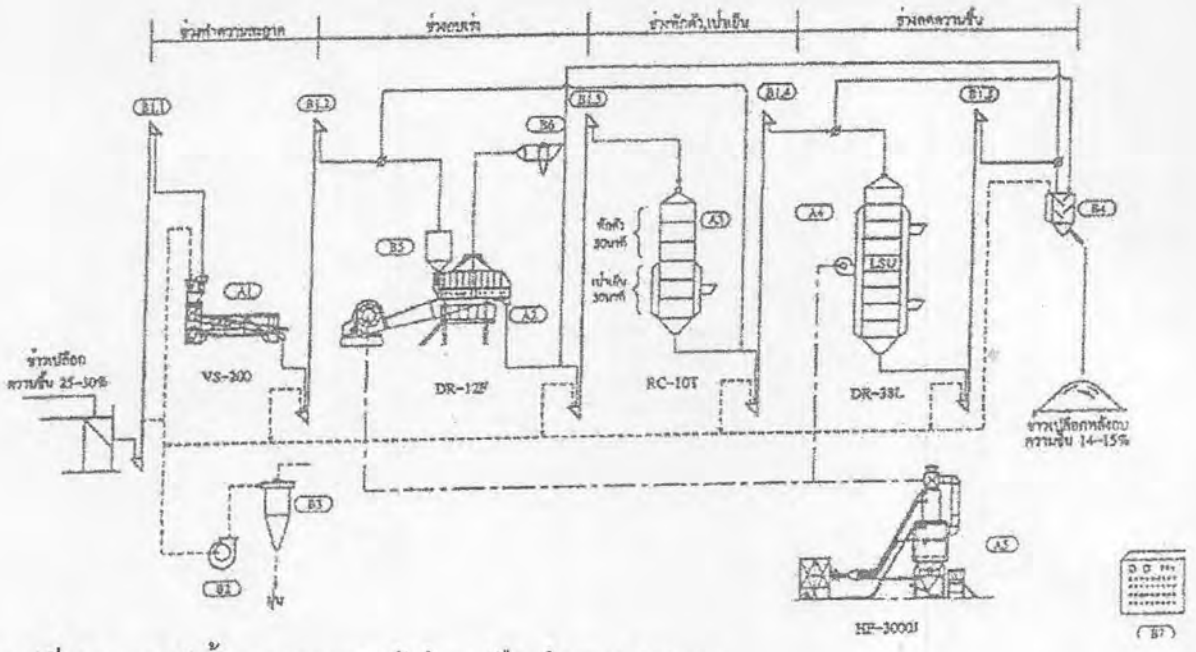
4.การที่เม็ดของไหลหมุนเวียนอยู่ภายในเบด เม็ดของแข็งนี้สามารถที่จะเป็นตัวนำความร้อนจากผนังแหล่งความร้อนให้กับของไหลได้มากกว่า เพราะมีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบที่ความเร็วของไหลเดียวกัน

5.พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเม็ดของแข็งกับของไหลมีมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเบดนิ่งที่ใช้พวกเม็ดของแข็งเท่ากันจึงมีประโยชน์กับงานที่มีการถ่ายเทความร้อนและมวลสาร

6.การทำงานด้วยฟลูอิไดซ์เบดจะเสียพลังงานน้อย เพราะแรงเสียดทานและความดันตก (ค่าความดันที่ลดลงภายในเบด ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการไหล ทิศทางการไหล และชนิดของของแข็ง) ของเบดน้อยกว่าเบดนิ่ง (ข้าวเปลือกภายในเบดไม่ถูกทำให้เคลื่อนไหว)

2.6.3 เทมเปอริง (Tempering)

คือการนำข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งแล้วมาเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท ซึ่งมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกภายหลังการอบแห้งทันที เพื่อให้ความชื้นแพร่จากภายในเมล็ดมาที่ผิวของเมล็ด แต่ต้องไม่เกิดการแพร่ออกสู่บรรยากาศภายนอก (ณัฐพล ภูมิสะอาด, 2540) ในอุตสาหกรรมการอบแห้งข้าวเปลือกมีขั้นตอนเทมเปอริงโดยจะเก็บในถังพักขนาดใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 จะเห็นว่ามีขั้นตอนเทมเปอริงข้าวเปลือกในถังพักคั่นกลางระหว่างขั้นตอนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด กับการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบเมล็ดพืชไหลคลุกเคล้า (LSU คือ การอบแห้ง เพื่อลดความชื้นของเมล็ดข้าวหลังจากเทมเปอร์ข้าวเปลือก)



รูปที่ 2.4 แผนผังขั้นตอนการอบแห้งข้าวเปลือกในอุตสาหกรรม
ที่มา: เอกรินทร์ โบษกรนัฏ (2545)

เนื่องจากการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันทำให้ความชื้นของข้าวเปลือกลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งแล้ว มีความชื้นที่บริเวณผิวเมล็ดแตกต่างกับภายในแกนกลางเมล็ดมาก โดยที่ภายในเมล็ดจะมีความชื้นมากกว่า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีเทมเปอริงโดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อให้ความชื้นภายในเมล็ดแพร่ออกมาที่ผิวเมล็ด ทำให้มีความชื้นที่บริเวณผิวนอกของเมล็ดมากขึ้นความแตกต่างของความชื้น (moisture gradient) จึงลดลง เมื่อนำมาผ่านกระบวนการลดความชื้นในขั้นตอนต่อไปจะสามารถพาความชื้นออกไปได้ง่ายกว่า จึงช่วยลดความชื้นได้รวดเร็วกว่าข้าวเปลือกที่ไม่เทมเปอร์ (ณัฐพล ภูมิสะอาด, 2540)
2. ทำให้อุณหภูมิและความชื้นที่ผิวและแกนกลางเมล็ดแตกต่างกันน้อยลง จึงช่วยลดการร้าวของเมล็ดข้าว ที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีการขยายตัวของเม็ดแป้งที่ผิวนอก และการหดตัวของเม็ดแป้งภายในเกิดขึ้นพร้อมๆกัน เมล็ดข้าวจึงเกิดรอยร้าว เมื่อนำข้าวเปลือกไปขัดสีจึงเกิดการแตกหักเพิ่มขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวต้นลดลง (Cnossen and Siebenmorgen, 2000)
3. เทมเปอริงโดยใช้อุณหภูมิ 60°C เม็ดแป้งบางส่วนเกิดการหลอมเหลวจะเชื่อมติดกันแน่นทำให้โครงสร้างภายในเมล็ดข้าวแข็งแรงขึ้น ดังนั้นเทมเปอริงจึงช่วยให้เปอร์เซ็นต์ข้าวต้นเพิ่มขึ้นได้ (Cnossen, Jimenez and Siebenmorgen, 2003)

จุดประสงค์ของเทมเปอริงนั้นเพื่อลดแรงเค้นภายในเมล็ดพืชที่เกิดจากความแตกต่างของความชื้นระหว่างภายในและที่ผิวของข้าวเปลือก ถ้าไม่มีเทมเปอริงจะส่งผลให้ข้าวมีรอยร้าวมากและได้เปอร์เซ็นต์ข้าวต้นน้อย เทมเปอริงส่งผลให้ความชื้นในเมล็ดข้าวกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น (Steffe, Singh and Bakshi, 1979 และ Poomsa-ad. *et al.*, 2005)

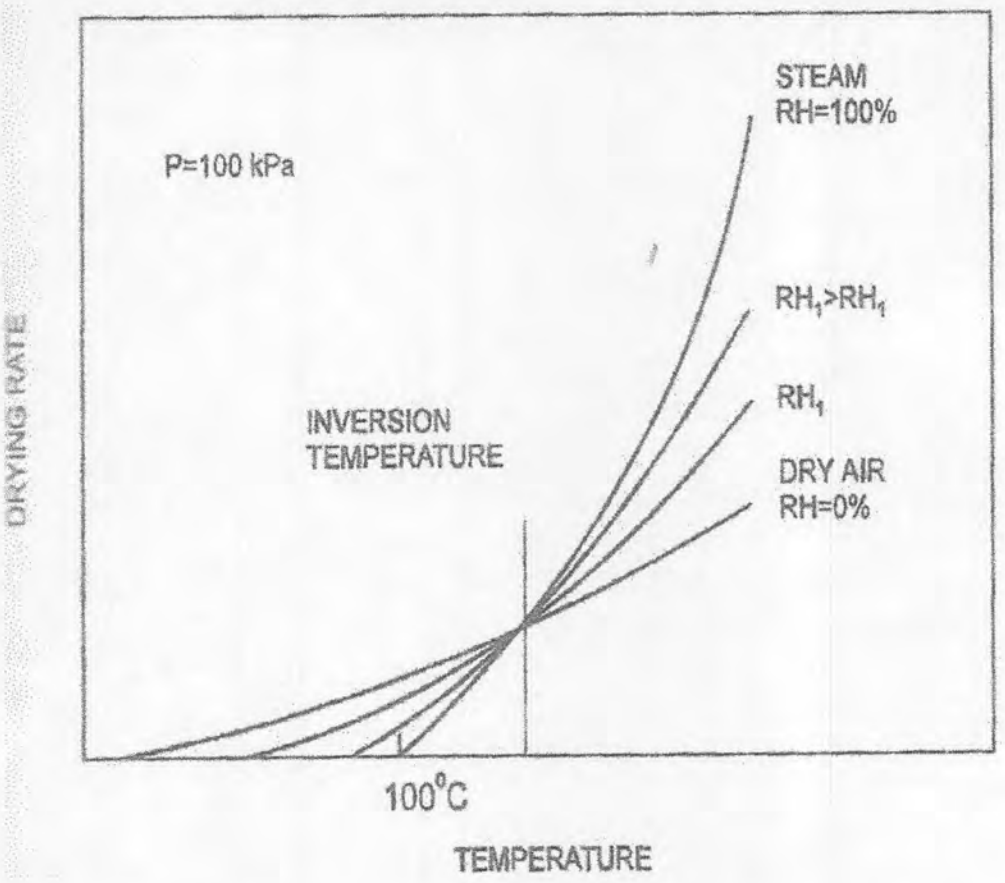
การลดความชื้นของข้าวเปลือกด้วยวิธีฟลูอิไดเซชันจากความชื้นเริ่มต้นใดๆ เหลือความชื้นร้อยละ 18.5 %(w.b) โดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 150°C หลังผ่านการอบแห้งแล้วควรเทมเปอริงเป็นเวลาอย่างน้อย 25 นาที ก่อนที่จะนำไปอบแห้งในขั้นต่อไป (Poomsa-ad และคณะ, 2005)

เมื่อนำข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูง (22-25 %(w.b)) มาทำการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด โดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 130และ 150°C จนได้ความชื้นประมาณ 18-20 %(w.b) แล้วนำข้าวเปลือกที่ได้เทมเปอร์เป็นระยะเวลา 30 นาที พบว่า สมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวมีแนวโน้มคล้ายข้าว ทำให้ข้าวสุกร่วนไม่เกาะติดกันเป็นก้อน (มัทนียา และคณะ, 2549 และ อนุชา และคณะ, 2549)

Soponronnarit และคณะ (1999) Poomsa-ad และคณะ (2002) และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์, สมบูรณ์ เวชกามา และ ณัฐพล ภูมิสะอาด (2542) ได้เสนอว่าเมื่ออบแห้งข้าวเปลือกด้วยอุณหภูมิสูงกว่า 100°C ระยะเวลาที่เหมาะสำหรับเทมเปอริงข้าวเปลือก ควรมีอย่างน้อย 30 นาที แต่ไม่ควรเกิน 1 ชั่วโมง และใช้อุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกภายหลังการอบแห้ง เป็นอุณหภูมิสำหรับเทมเปอริง เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ได้ปริมาณข้าวต้นสูงที่สุด และระยะเวลาที่นานกว่านี้ไม่มีผลในการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น แต่มีผลต่อความขาวของข้าว นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวเปลือกที่เทมเปอร์มีปริมาณข้าวต้นมากกว่าข้าวที่ไม่ผ่านเทมเปอริง

2.6.4 การอบแห้งข้าวเปลือกด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวด (Shibata, 2000)

ไอน้ำร้อนยิ่งยวดมีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนความร้อนในอากาศที่อุณหภูมิเดียวกัน โดยระบบมีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 100 (รูปที่ 2.5)



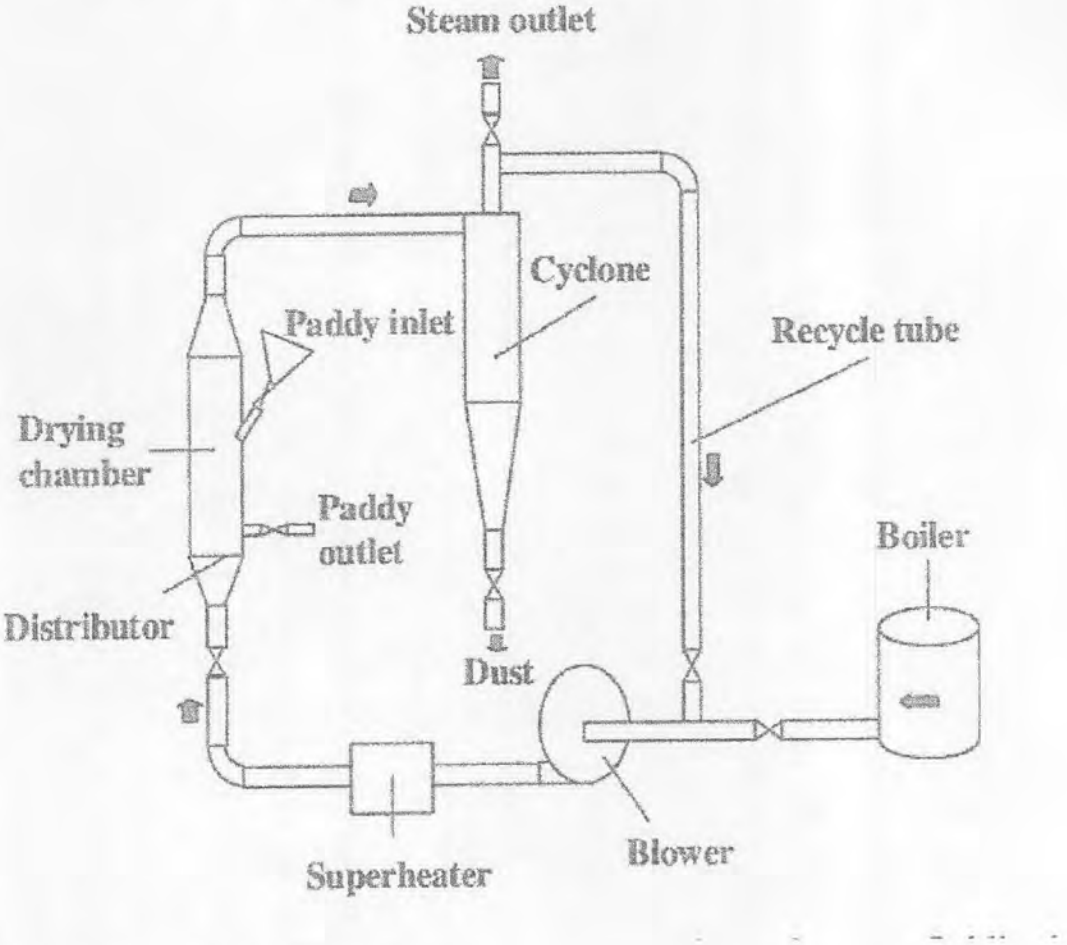
รูปที่ 2.5 อัตราการทำแห้งที่อุณหภูมิต่างของการอบแห้งแบบไอน้ำร้อนยิ่งยวดและลมร้อน
ที่มา: (Shibata, 2000)

ข้าวเปลือกมีความชื้น 25 %(w.b) ความแตกต่างระหว่างความชื้นของระบบกับความชื้นภายในเมล็ดข้าวเปลือกส่งผลให้ไอน้ำบริเวณที่มีความหนาแน่นมากแพร่ไปยังบริเวณที่มีไอน้ำหนาแน่นน้อย (Shibata, 2000) ทำให้เมล็ดข้าวมีความชื้นเพียงพอต่อการเกิดเจลาติไนเซชันอย่างสมบูรณ์ ในระบบอุณหภูมิของไอน้ำร้อนยิ่งยวดสูงกว่า 100°C ตลอดเวลา ทำให้ไม่เกิดการควบแน่นของไอน้ำแล้วกลั่นตัวกลายเป็นน้ำ น้ำในข้าวเปลือกจึงกลายเป็นไอน้ำส่งผลให้ข้าวเปลือกมีความชื้นลดลง ช่วงแรกของการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวด อุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มสูงขึ้นถึงอุณหภูมิเจลาติไนเซชันได้อย่างรวดเร็ว (ประมาณ 73-86°C) (Zhou *et al.*, 2002)
ข้อดีของไอน้ำร้อนยิ่งยวด(Shibata, 2000)

1. ช่วยประหยัดพลังงานในการอบแห้ง เนื่องจากการอบแห้งแบบไอน้ำร้อนยิ่งยวดนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ได้เพราะพลังงานจะวนในระบบปิด (รูปที่ 2.6)

2. การอบแห้งแบบไอน้ำร้อนยิ่งยวด สามารถนำพลังงานไอจากการระเหยของความชื้นภายในของแข็งกลับมาใช้ใหม่ได้ (รูปที่ 2.6)

การอบแห้งแบบไอน้ำร้อนยิ่งยวดช่วยในการลดมลภาวะเป็นพิษจากสิ่งแวดล้อม เพราะการอบแห้งแบบไอน้ำร้อนยิ่งยวดทำในระบบปิด



รูปที่ 2.6 ฟลูอิไดเซชันด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวด
ที่มา: Taweerattanapanish และคณะ (1999)

Poomsa-ad และคณะ (2005) ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกโดยวิธีต่างกัน พบว่า การอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูไดเซชันด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่อุณหภูมิ 150°C ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับข้าวอ้างอิงซึ่งเป็นข้าวที่ลดความชื้นโดยการตากในที่ร่ม

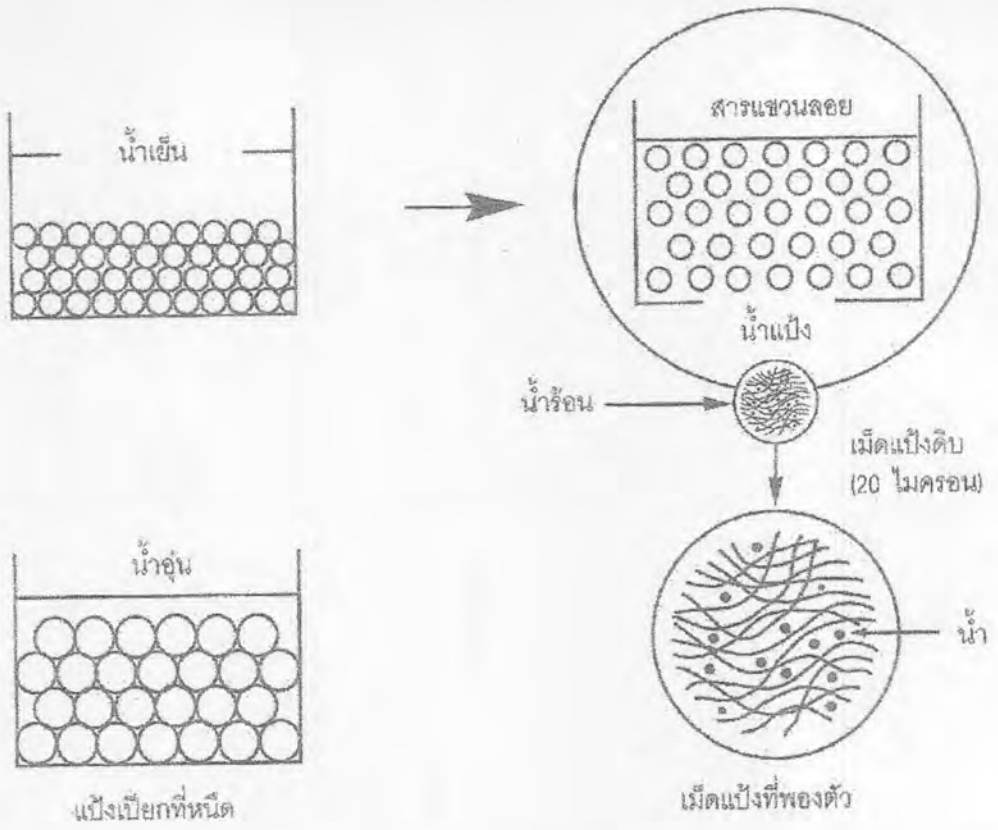
Rordprapat และคณะ (2005) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของข้าวที่อบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูไดเซชันด้วยลมร้อนและด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวด พบว่าการแลกเปลี่ยนความร้อนของการอบแห้งโดยเทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวด ส่งผลให้ข้าวมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเหมาะสมต่อการเกิดเจลาติไนเซชัน เกิดการเปลี่ยนโครงสร้างของเม็ดแป้งจาก crystalline ไปเป็น amorphous โดยดูโครงสร้างจาก Scanning Electron Microscope (SEM) ข้าวเปลือกที่ผ่าน

การอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูไดเซชันด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่อุณหภูมิ 150°C มีเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นมากกว่าข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูไดเซชันด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 150°C

Taechapairoj Prachayawarakorn และ Soponronnarit (2004) ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่อุณหภูมิ 150 และ170°C ที่ความดัน 100 kPa พบว่าข้าวที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่อุณหภูมิ 170°C มีเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นสูงกว่าข้าวที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่อุณหภูมิ 150°C

2.7 สมบัติด้านความหนืดและการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้ง

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl groups) จำนวนมาก ยึดเกาะด้วยพันธะไฮโดรเจน มีสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห (micelles) ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้จะทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้นขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย (Leach *et al.*, 1959) แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำแล้วพองตัว ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆเม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization) อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืดเรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเจลาติไนเซชัน (pasting temperature) เมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดความหนืด หรือเวลาที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting time) ซึ่งแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด (Sanders, 1996)

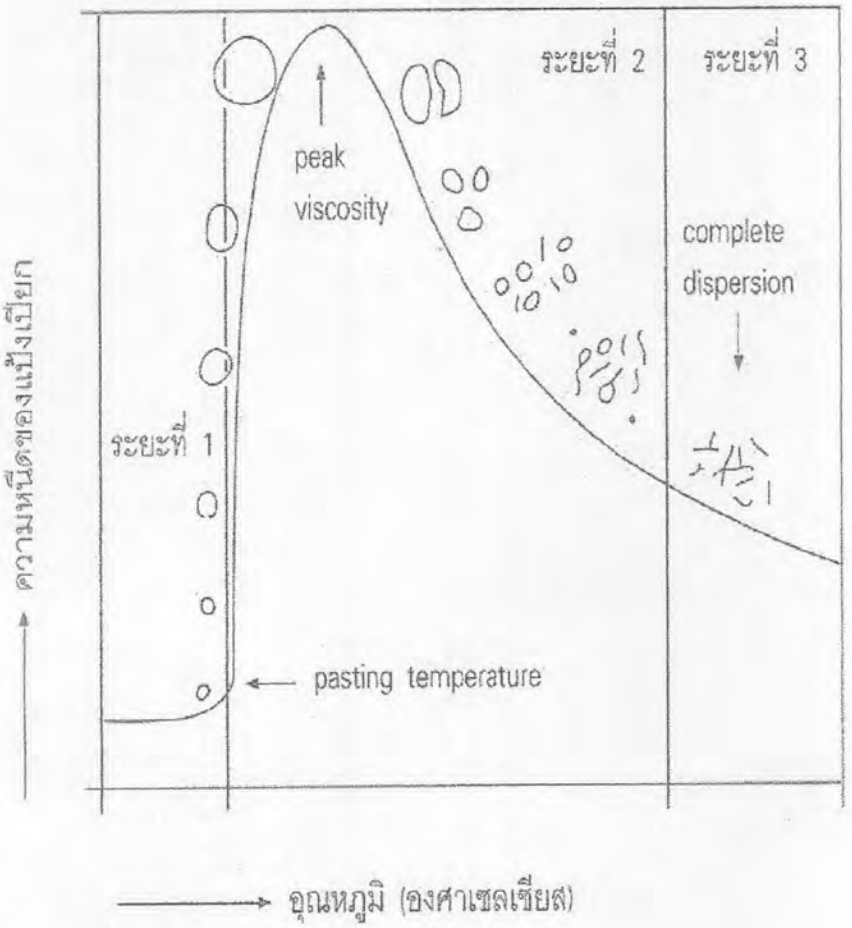


รูปที่ 2.7 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม
ที่มา: ดัดแปลงจาก Sanders (1996)

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเม็ดแป้งในการเกิดเจลาติไนเซชัน จะหลอมเป็นเนื้อเดียวกันเมื่อได้รับความร้อนสูงกว่า 60°C birefringence ของแป้งข้าวเจ้าจะหายไปในช่วงอุณหภูมิ 66-77°C เมื่อแป้งมีน้ำมากเกินพอ (อัตราน้ำ:แป้ง>1.5) และเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิดังกล่าวจะเกิดการแพร่ของน้ำภายในเม็ดแป้ง จะไม่พบ birefringence ส่วนของ crystalline บางส่วนในเม็ดแป้งจะหายไป เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวหลังจากที่ birefringence หายไป

การเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งแบ่งได้เป็น 3 ระยะ (รูปที่ 2.8) คือ ระยะแรกเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัดและเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ เนื่องจากร่างแหระหว่างไมเซลล์ (micells) ยืดหยุ่นได้จำกัด ความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด เม็ดแป้งยังคงรักษารูปร่างและโครงสร้างที่เกิดการบิดแสงระนาบโพลาไรซ์ได้ (birefringence) เมื่อใส่สารเคมีหรือเพิ่มอุณหภูมิให้สารละลายน้ำแป้งจนถึงประมาณ 65°C (อุณหภูมิที่แท้จริงขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง) เมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 เม็ดแป้งจะพองตัวอย่างรวดเร็ว จนมีความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ร่างแหระหว่างไมเซลล์ภายในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเข้ามามากและเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เรียกว่าการเกิด

เจลาติไนเซชัน เม็ดแป้งมีการเปลี่ยนรูปร่างและโครงสร้างแบบที่เกิดการบิดแสงระนาบโพลาไรซ์ได้ ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แป้งที่ละลายได้จะเริ่มละลายออกมา เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิต่อไปอีกจนเข้าสู่ระยะที่ 3 เม็ดแป้งจะเสียสภาพอย่างสมบูรณ์ (complete disperson) รูปร่างเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน การละลายของแป้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล (Sanders, 1996)



รูปที่ 2.8 ระยะการเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้ง

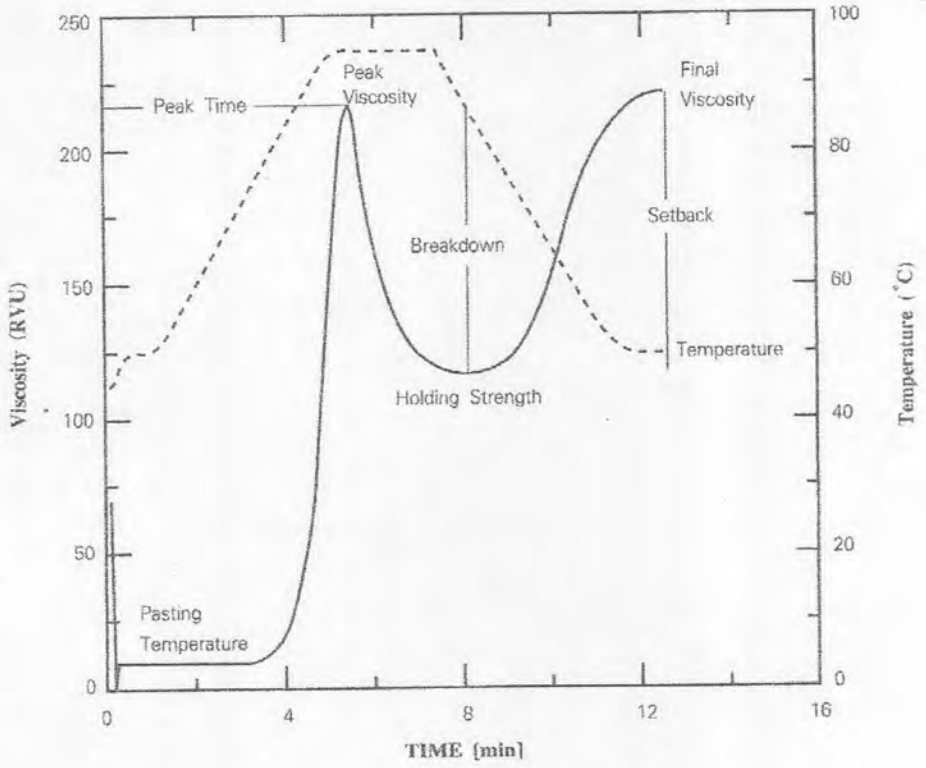
ที่มา: Sanders (1996)

2.8 การวัดความหนืดของแป้งโดยใช้เครื่อง Rapid Viscosity Analyzer

แป้งเมื่อได้รับความร้อนจะดูดซึมน้ำและพองตัวขยายใหญ่ขึ้น น้ำบริเวรรอบๆเม็ดแป้งเหลือน้อยลง ทำให้เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยาก เกิดความหนืดขึ้น อุณหภูมิที่เริ่มเกิดความหนืดเรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนค่าความหนืด (pasting temperature) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่มีความหนืดสูงสุด (peak viscosity) เป็นจุดที่เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาต่อไปอีก รวมทั้งมีการกวนอย่างต่อเนื่อง จะทำให้โครงสร้างภายในแตกออก ความหนืดลดลง ต่อมาเมื่ออุณหภูมิลดลง ทำให้เกิดการรีโทรเกรเดชัน ความหนืดจะ

เพิ่มขึ้นอีก ซึ่งเป็นความหนืดที่เกิดจากการเรียงตัวกันใหม่ของโมเลกุลแอมิโลสที่หลุดออกจากเม็ดแป้ง

Rapid viscosity analyzer เป็นเครื่องมือสำหรับประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องพิจารณาความหนืดขณะที่ให้ความร้อน คุณสมบัติพิเศษคือ มีความสามารถในการเปลี่ยนระดับอุณหภูมิ สามารถทำให้ร้อน และเย็นได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว รักษาอุณหภูมิให้คงที่ได้ จึงหาลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting curve) ได้ภายในเวลาสั้น (13 นาที) ได้ เนื่องจากมีกลไกส่งผ่านความร้อนที่ดีกว่า และใช้ปริมาณตัวอย่างน้อยกว่า



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Rapid Viscosity Analyzer (RVA)

ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (2543)

ค่าที่เครื่องแสดงผลอ่านได้บนจอคอมพิวเตอร์ ในหน่วย % หรือ RVU (Rapid Viscosity Unit) ดังนี้ (กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543) (รูปที่ 2.9)

(1) peak time : เวลาที่เกิดจุดสูงสุด (peak) ของความหนืด มีหน่วยเป็นนาที

(2) pasting temperature : อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนค่าความหนืด หรือมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้น 2 RVU ในเวลา 20 วินาที มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

(3) peak temperature : อุณหภูมิที่เกิดจุดสูงสุด (peak) มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

(4) peak viscosity : ความหนืดที่จุดสูงสุด มีหน่วยเป็น RVU

(5) holding strength : ความหนืดที่ต่ำที่สุดระหว่างการทำให้เย็น มีหน่วยเป็น RVU

(6) breakdown : ความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด มีหน่วยเป็น RVU

(7) final viscosity : ความหนืดสุดท้ายของการทดลอง มีหน่วยเป็น RVU

(8) setback from peak : ผลต่างของค่าความหนืดสุดท้ายกับความหนืดที่จุดสูงสุด (peak) มีหน่วยเป็น RVU

(9) setback from trough : ผลต่างของค่าความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด มีหน่วยเป็น RVU

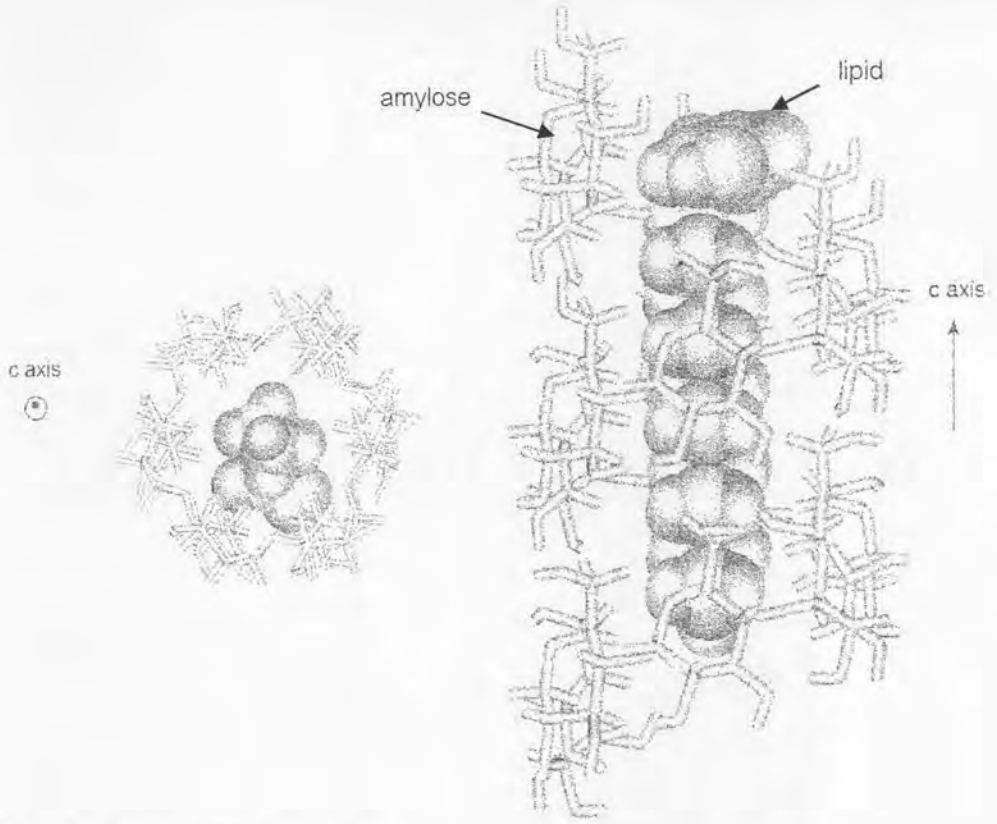
2.9 สมบัติทางความร้อนของแป้ง

Differential Scanning Calorimeter ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพหรือทางเคมีของวัสดุในรูปฟังก์ชันกับอุณหภูมิ ปกติพอลิเมอร์ต่างๆในรูปผลึกและอสัณฐาน จะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะได้เมื่อได้รับความร้อน แป้งก็เช่นเดียวกัน ในสภาพที่มีน้ำน้อย เมื่อให้ความร้อนแป้งจะมีอุณหภูมิหลอมละลาย (T_m) สูงมาก คืออยู่ในช่วง 160°C ถึง 200°C แต่เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมากขึ้นอุณหภูมิของการหลอมละลายจะลดลง เมื่อปริมาณน้ำมีประมาณ 70 ส่วนหรือมากกว่า การหลอมละลายก็คือการเกิดเจลติไนเซชัน ช่วงของอุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลง (onset temperature) และอุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงสูงสุด (peak temperature) ของความร้อน คือช่วงอุณหภูมิของเจลาติไนเซชัน สำหรับการวัดลักษณะของการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งโดยใช้เครื่อง DSC ทำได้โดยให้ความร้อนแก่สารตัวอย่างแป้งต่อน้ำในอัตรา 30:70 จนถึงอุณหภูมิที่คาดว่าเลยช่วงในการเกิดเจลาติไนเซชันจะได้ thermogram ที่เป็นกราฟระหว่าง heat flow และอุณหภูมิ พลังงานที่ทำให้แป้งเกิดเจลาติไนเซชัน (enthalpy □H, cal/g) ได้จากพื้นที่ใต้กราฟหารด้วยน้ำหนักแป้ง Differential Scanning Calorimeter เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงพลังงาน โดยอาศัยหลักการที่ว่า ทั้งตัวอย่างและสารอ้างอิงจะต้องคงอยู่ที่อุณหภูมิเดียวกันในกระบวนการให้ความร้อนหรือทำให้เย็นลงที่อัตราที่กำหนดไว้ค่าหนึ่ง ปริมาณความร้อนจะไหลเข้าสู่ระบบไม่ว่าที่ตัวอย่างหรือสารอ้างอิง เพื่อที่จะพยายามรักษาความแตกต่างของอุณหภูมิของตัวอย่างและสารอ้างอิงให้เป็นศูนย์ ($T_s - T_r = 0$) ปริมาณความร้อนดังกล่าวนี้จะบันทึกเป็นฟังก์ชันกับเวลาหรืออุณหภูมิ ขดลวดความร้อนเป็นแหล่งพลังงานชนิดเดียวของพลังงานความร้อน ซึ่งทำหน้าที่เพิ่มอุณหภูมิของตัวอย่างและสารอ้างอิง เพื่อรักษาอุณหภูมิระหว่างตัวอย่างและสารอ้างอิงให้เป็นศูนย์ ของการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งโดยใช้เครื่อง DSC ทำได้โดยให้ความร้อนแก่สารตัวอย่างแป้งต่อน้ำในอัตรา 30:70 จนถึงอุณหภูมิที่คาดว่าเลยช่วงในการเกิดเจลาติไนเซชันจะได้ thermogram ที่เป็นกราฟระหว่าง heat flow และ

อุณหภูมิ พลังงานที่ทำให้แป้งเกิดเจลาติไนเซชัน (enthalpy □H, cal/g) ได้จากพื้นที่ใต้กราฟหารด้วยน้ำหนักแป้ง(กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543)

2.10 ผลของการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้อุณหภูมิสูงต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าว

ข้าวที่มีความชื้นสูงเมื่อได้รับความร้อนระหว่างกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้เกิดเจลาติไนเซชันแป้งภายในเมล็ดข้าว และทำให้โปรตีนเสียภาพ (Ju *et al.*, 2006) โปรตีนที่อยู่ในเมล็ดข้าวจะแทรกอยู่ระหว่างเม็ดสตาร์ชของข้าว และเชื่อมโยงกับเม็ดสตาร์ชส่งผลให้เม็ดสตาร์ชไม่เสียรูปร่างได้ง่าย โปรตีนที่เสียสภาพจะคลายตัวออกมาไปจับกับแอมิโลส (Cagampang *et al.*, 1996) ส่งผลให้รอยร้าวภายในเมล็ดข้าวเชื่อมติดกัน ข้าวจึงคงทนต่อการขัดสี (ชัยยงค์ เตชะไพโรจน์ สมเกียรติ ปรัชญาวรากร และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2546) ข้าวเมื่อได้รับความร้อนทำให้เกิด amylose-lipid complex โดยที่ไขมันไปจับกับแอมิโลส ทำให้แป้งมีความสามารถพองตัวได้น้อยและมีอุณหภูมิเจลาติไนเซชันสูงขึ้น ในระหว่างการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งภายในเมล็ดข้าว amylose-lipid complex เกิดการหลอมรวมตัวกันเป็น crystalline การเกิด crystalline ของ amylose-lipid complex นั้น เกิดขึ้นได้เมื่อแป้งได้รับความร้อนสูงถึง 110 -115 °C ขึ้นไป และมีน้ำมากเกินพอ (น้ำมีปริมาณมากกว่า 1.5 เท่าของแป้ง) (Buleon และ Colonna, 2004) amylose-lipid จะทำให้เกิดฟิล์มที่ผิวของข้าวทำให้ข้าวคงทนต่อการขัดสีมากขึ้น (Jaisuit *et al.*, 2008) (รูปที่ 2.10)



รูปที่ 2.10 Amylose-lipid complex

ที่มา: Buleon and Colonna (2004)

Jaisuit และคณะ (2008) ศึกษาอุณหภูมิอบแห้งและเวลาเทมเปอริงของข้าวกล้องดอกมะลิ 105 พบว่าเมื่อทดสอบสมบัติความร้อนของแป้งจากข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งโดยเทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 150°C และเทมเปอร์เป็นเวลา 120 นาที มี peak ที่สองเกิดขึ้นจากดูดกลืนพลังงานความร้อนเพื่อสลาย amylose-lipid complex แป้งจากข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งโดยเทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 150°C และเทมเปอริงเป็นเวลา 120 นาที มีการดูดกลืนพลังงานความร้อนเพื่อสลาย amylose-lipid complex มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่า ดังนั้นการอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิด amylose-lipid complex มากกว่าการทำแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ได้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งและเวลาเทมเปอริงข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิในการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยลมร้อนที่ 130 °C และ150°C ที่ใช้เวลาในการเทมเปอริงข้าวเปลือกเท่ากัน พบว่าค่า peak viscosity breakdown final viscosity และsetback ของแป้งข้าวกล้องจากการอบแห้งข้าวเปลือกที่ 130 °C จะสูงกว่าที่ 150°C เนื่องจากในระหว่างการอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิสูงขึ้นข้าวเกิดการ เจลาติไนเซชันมากขึ้นขึ้น ส่งผลให้ค่า peak viscosity breakdown final viscosity และsetback ลดลง การลดลงของค่าเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับการเกิดเจลาติไนเซชันของ

แป้งจากแต่ละวิธีที่อบแห้ง และได้ศึกษาสมบัติความร้อนของแป้งพบว่าค่าการดูดกลืนพลังงานความร้อนของแป้งข้าวกล้องจากการอบแห้งข้าวเปลือกที่ 130 °C จะมากกว่าที่ 150°C

ข้าวเปลือกเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูง(150°C ขึ้นไป) เกิดปฏิกริยาดีไฮเดรชันและไอโซเมอไรเซชันเกิดหมู่คาร์บอนิลเกิดขึ้น ผิวข้าวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (non-enzymatic browning reaction) ส่งผลให้ข้าวที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงมีสีคล้ำกว่าข้าวที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ (ชัยยงค์ เตชะไพโรจน์ สมชาติ ปรัชญาวรากร และสมเกียรติ โสภณรณฤทธิ์, 2546)

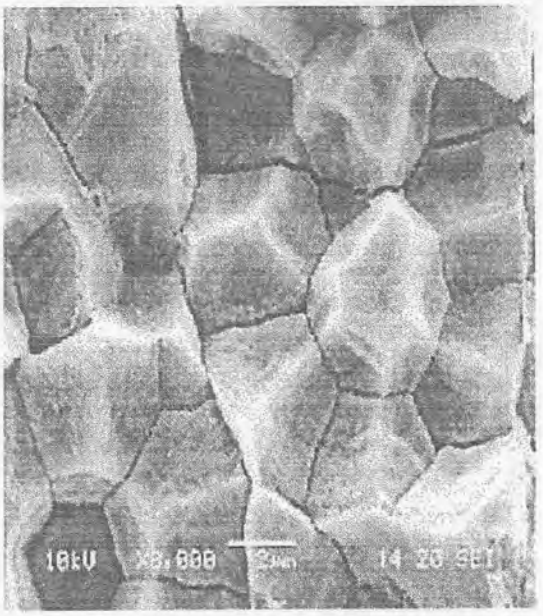
Taechapairoj และคณะ (2004) ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่อุณหภูมิ 150 และ170°Cพบว่าแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่อุณหภูมิ 150 และ170°C มีค่า peak viscosity breakdown และ setback ต่ำกว่าข้าวที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้ง และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของข้าวที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 150°C และ 170°C พบว่าข้าวที่อบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 170°C มีเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นและเปอร์เซ็นต์ความขาวสูงกว่าการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ150°C

2.11 กำลังการพองตัวและการละลาย

เมื่อมีการให้ความร้อนสารละลายน้ำแป้ง เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวและบางส่วนของเม็ดแป้งจะละลายออกมา กำลังการพองตัวของแป้งจะเป็นปริมาตรหรือน้ำหนักของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้น ณ อุณหภูมิที่ใช้บ่มสารละลายน้ำแป้ง ส่วนคงามสามารถในการละลายจะเป็นน้ำหนักของของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่สามารถละลายน้ำได้ ที่แยกออกจากส่วนของเม็ดแป้งที่พองตัว ในการวิเคาระห์หากำลังการพองตัวและการละลายของแป้ง จะต้องให้มีน้ำในปริมาณที่มากเกินพอ เพื่อให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวได้อย่างอิสระ โดยจะต้องไม่มีการแตกออกของเม็ดแป้งระหว่างการบ่ม โดยทั่วไปการวิเคราะห์กำลังการพองตัวจะนำแป้งที่ชั่งน้ำหนักแน่นอน แขวนลอยในน้ำกลั่นในหลอดเหวี่ยง ให้ความร้อนพร้อมๆกับการกวนในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่กำหนด (ตั้งแต่ 50 ถึง 95°C) การกวนจะต้องกวนในอัตราที่ไม่เร็วมาก เพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดแป้งแตก ทำให้ค่ากำลังการพองตัวต่ำกว่าความเป็นจริง กวนในนระดับคงที่ที่อุณหภูมินั้นเป็นเวลา 30 นาที นำตัวอย่างมเหวี่ยงแยกส่วนใสออก นำตะกอนที่ได้ไปชั่ง กำลังการพองตัวจะคำนวณในรูปน้ำหนักตะกอนที่ได้หลังจากการเหวี่ยงต่อน้ำหนักแป้งแห้งจริงที่หักน้ำหนักแป้งที่ละลายแล้ว ความสามารถในการละลายเป็นน้ำหนักของแป้งที่ละลายน้ำได้และวิเคราะห์ได้โดยตรงจากการนำส่วนใสไปทำแห้งและชั่ง

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.12 โครงสร้างของอนุภาคของเม็ดแป้งจากข้าวที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิสูง



(a)

(b)

รูปที่ 2.11 ภาพถ่ายโครงสร้างของอนุภาคของเม็ดแป้งของข้าวกล้องดอกมะลิ 105 จากเครื่อง Scanning Electron Microscope ที่กำลังขยาย 8,000 เท่า (a) คืออนุภาคของเม็ดแป้งของข้าวกล้องดอกมะลิ 105 ที่ตากในที่ร่ม และ (b)คืออนุภาคของเม็ดแป้งของข้าวกล้องดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยลมร้อนที่ 150°C ตามด้วยเทมเปอริง 120 นาที

ที่มา : Jaisuit และคณะ (2008)

จากการศึกษาของ Jaisuit และคณะ (2008) พบว่าลักษณะอนุภาคของเม็ดแป้งจากข้าวที่ตากในที่ร่มมีหลายเหลี่ยม ไม่เรียบเนียน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4-6 μm (รูปที่ 2.11 a) ส่วนลักษณะอนุภาคของเม็ดแป้งจากข้าวที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยลมร้อนที่ 150°C ตามด้วยเทมเปอริง 120 นาที ค่อนข้างเรียบ มีเหลี่ยมน้อย เนื่องจากเกิดเจลาติไนเซชันในเม็ดแป้งบางส่วน (รูปที่ 2.11 b)

2.13 การนำข้าวเจ้าไปใช้ในผลิตภัณฑ์

ข้าวต่างชนิดกันส่งผลให้คุณภาพของข้าวสุกมีความแตกต่างกัน เนื่องจากองค์ประกอบแอมิโลสและแอมิโลเพคตินของแป้งที่อยู่ในเมล็ดข้าว การเลือกแป้งข้าวให้เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ อาจดูได้จากปริมาณแอมิโลสและชนิดของพันธุ์ข้าว แป้งข้าวที่มีปริมาณแอมิโลส 18-22% นิยมนำไปแปรรูปเป็นขนมอบกรอบ จะให้เนื้อสัมผัสที่บางกรอบ (Radley, 1976; Scoch, 1967; Rani and Bhattacharya, 1995) ในขณะที่แป้งข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสประมาณ 34 % จะให้เนื้อสัมผัสที่เหนียวนุ่ม เหมาะสำหรับแปรรูปเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว (ศันย์สนีย์ อุดมระติ และคณะ, 2546)

มีงานวิจัยหลายชิ้นที่พัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวหัก ปลายข้าว หรือแป้งข้าวเจ้า โดยนำมาผสมกับส่วนผสมอื่นๆเช่น ถั่วลิสง ปลากะตัก และกล้วย ส่วนใหญ่นิยมนำมาแปรรูปในรูปของขนมขบเคี้ยว เช่น

ชาดา และคณะ (2542) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้กล้วยผงเพื่อเพิ่มความหนืด ได้ศึกษาขนาดของปลายข้าวที่ผ่านการนึ่ง อบแห้งและบดพบว่าขนาดของปลายข้าวบดที่ใกล้เคียงกับขนาดของเม็ดข้าวในผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด คือปลายข้าวบดขนาด 35-45 mesh

ภัทรานี เลิศพัฒนคม เพ็ญขวัญ ชมปรีดา และวิชัย หฤทัยธนาสันติ์ (2544)ได้ศึกษาการพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ ถั่วลิสงและปลากะตัก มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของขนมขบเคี้ยว ผลการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายพบว่าผู้บริโภคต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีสีโทนน้ำตาล โดยปรุงแต่งกลิ่นรสกุ้ง ผลการทดสอบผู้บริโภค 50 คน พบว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ระดับปานกลาง

ประชา บุญญสิริกูล กมลวรรณ แจ้งชัด และอรอนงค์ นัยวิกุล (2546)ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากข้าวผสมกล้วยโดยวิธีการเอ็กซ์ทรูชันจากกล้วย 2 สูตรคือจากกล้วยอบเนย 3 ระดับ (30, 40 และ 50%) ปริมาณความชื้นของวัตถุดิบผสม 2 ระดับ (13 และ15%) และจากกล้วยอบแห้ง 3 ระดับ (12, 15 และ 18%) และปริมาณความชื้นของวัตถุดิบผสม 2 ระดับ (11 และ13%)ที่มีผลต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยว พบว่าเมื่อปริมาณกล้วยเพิ่มขึ้น อาหาร

ขบเคี้ยวจะมีอัตราการพองตัวลดลง แต่มีความแข็งและความหนาเพิ่มขึ้น และเมื่อปริมาณความชื้นของวัตถุดิบผสมเพิ่มขึ้น อาหารขบเคี้ยวจะมีอัตราการพองตัวลดลงแต่มีความแข็งและความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

จากการสำรวจข้อมูลข้างต้นนี้สามารถนำมาเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัย โดยงานวิจัยนี้จะทำการเพิ่มมูลค่าของข้าวหัก โดยนำข้าวหักที่ได้จากกระบวนการอบแห้งและขัดสีมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบและโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งจะต้องศึกษาว่าแป้งข้าวเจ้าและข้าวหักจากกระบวนการอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูงแบบต่างๆเมื่อทำขนมอบกรอบและโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป จะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารนั้นมีสมบัติทางเคมี กายภาพและลักษณะที่ต่างกันหรือไม่ ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองนี้จะเป็นประโยชน์และแนวทางให้ผู้ผลิตนำข้าวหักที่เกิดจากกระบวนการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันด้วยวิธีการต่างกันไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆให้เหมาะสมได้