

การใช้ประโยชน์จากของเหลือในกระบวนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอด

หทัยชนก ชะนะปาโมกข์ และ เพ็ญศิริ ศรีบุรี*

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

* E-mail: pensiri@science.cmu.ac.th

บทคัดย่อ

แป้งเป็นส่วนประกอบหลักของในของเหลือจากการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอด ดังนั้นจึงแยกแป้งจากการผลิตมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้ง พบว่า แป้งทุกตัวอย่างที่วิเคราะห์มีองค์ประกอบและสมบัติต่างๆ ใกล้เคียงกัน แต่แป้งที่แยกได้จากถึงผ่านมีปริมาณมากที่สุดและที่สำคัญคือ มีสิ่งเจือปนน้อยที่สุด ดังนั้นจึงเลือกแป้งดังกล่าวมาศึกษาการใช้ประโยชน์ในการผลิตแอลกอฮอล์ การใช้แป้งเพื่อทดแทนวุ้นโปเตโตเด็กซ์โตรสในอาหารเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์และทดแทนวุ้นอะการ์ที่เป็นสารให้เจลในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช รวมทั้งใช้เป็นอาหารคนส่วนเปลือกและตำหนิสามารถใช้งานได้

คำสำคัญ: ของเหลือ, แป้ง, มันฝรั่งแผ่นทอด, waste, flour, potato chips

1. บทนำ

1.1 ที่มาและวัตถุประสงค์

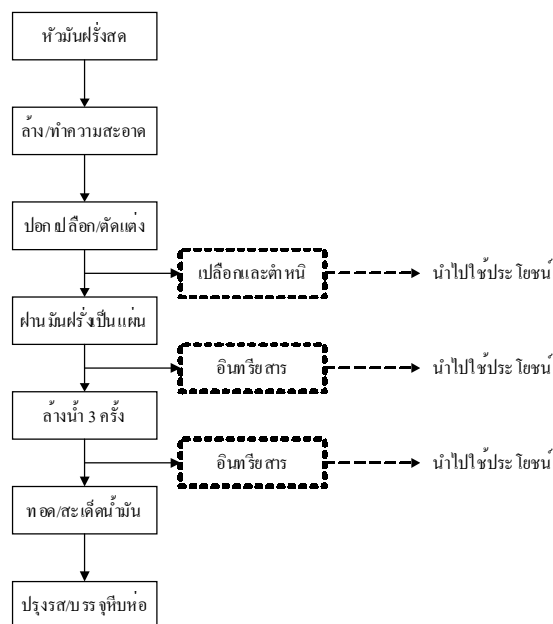
ถึงแม้ว่ามันฝรั่งแผ่นทอด “ชิปปี” ภายใต้โครงการ 1 ตำบล 1 ผลิตภัณฑ์ ที่ผลิตโดยกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเจดีย์แม่ครัว ต.แม่แฝกใหม่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ได้รับความสำเร็จเป็นอย่างดีกับยอดการจำหน่ายและทำให้กลุ่มแม่บ้านฯ มีรายได้เพิ่มขึ้น แต่พบว่า มีปัญหาสำคัญด้านกระบวนการผลิต โดยเฉพาะการสูญเสียจากกระบวนการผลิตและยังไม่มีภาชนะบรรจุที่ได้อุณหภูมิเหมาะสมที่โรงงานขนาดใหญ่กำหนดหรือส่วนของเหลือไปใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ ซึ่งของเหลือดังกล่าวประกอบด้วย 4 ส่วนสำคัญ ได้แก่ [1] เปลือก [2] ตำหนิ [3] อินทรีย์สารในน้ำจากการผ่านมันฝรั่ง และ [4] อินทรีย์สารในน้ำล้างมันฝรั่งที่ผ่านเป็นแผ่นแล้ว (รูปที่ 1) รวมทั้งปัญหาจากการกำจัดของเสีย ในปัจจุบันกลุ่มแม่บ้านฯ แก้ปัญหาโดยการกองทิ้งและปล่อยไว้บริเวณลานกว้าง ซึ่งทำให้เกิดทัศนียภาพและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์และไม่มีการใช้ประโยชน์ใดๆ จากของเหลือดังกล่าว ดังนั้นโรงงานนี้จึงมีแนวคิดที่จะใช้ประโยชน์จากของเหลือทั้ง 4 ส่วนดังกล่าวอย่างเต็มที่ โดยมีวัตถุประสงค์

ประสงค์ดังนี้ (1) เพื่อแยกแป้งจากอินทรีย์สารในน้ำจากการผ่านมันฝรั่งและในน้ำล้างมันฝรั่งที่ผ่านเป็นแผ่นแล้ว จากนั้นนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งที่แยกได้ และ (2) เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากแป้งที่แยกได้สำหรับเป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์ อาหารเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ และอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช รวมทั้งเป็นส่วนประกอบในการทำอาหาร และศึกษาถึงความเป็นไปได้ของการนำเปลือกและตำหนิที่เหลือทิ้งโดยตรงมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษ

1.2 ความสำคัญ

มันฝรั่ง (potato) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจทั้งของโลกและของประเทศไทย โดยเฉพาะภาคเหนือ เช่น อ.สันทราย อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ และ อ.แม่สลด จ.ตาก และยังมีแนวโน้มของการปลูกและการบริโภคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมันฝรั่งมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งที่นิยมผลิตได้แก่ มันฝรั่งแผ่นทอด (potato chips) และมันฝรั่งเส้น (French fries) ทั้งในรูปแบบแช่แข็งและทอด (Lisinska และ Leszczynski, 1989)

การผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดของกลุ่มแม่บ้านฯ เริ่มจากการล้างมันฝรั่งสดให้สะอาด แล้วปอกเปลือกและกำจัดตาหน่อออกให้หมด จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำเปล่าอีกครั้งและผานให้เป็นแผ่นบางๆ แล้วล้างน้ำสะอาด 3 ครั้ง ครึ่งสุดท้ายแช่มันฝรั่งที่ผานแล้วในน้ำอีกเป็นเวลา 10 นาที ก่อนนำไปผึ่งในที่ร่มให้แห้ง แล้วนำไปทอดด้วยน้ำมันพืช จากนั้นปรุงรส ก็จะได้มันฝรั่งทอดพร้อมรับประทาน (รูปที่ 1) ทั้งนี้กระบวนการผลิตตั้งแต่เริ่มต้นคือปอกเปลือกจนกระทั่งถึงก่อนนำไปทอดจะเกี่ยวข้องกับการใช้น้ำโดยตลอด ทั้งนี้พบว่า พบว่า หัวมันฝรั่งสดที่เป็นวัตถุดิบ 1 กิโลกรัม สามารถแปรรูปเป็นมันฝรั่งแผ่นทอดที่ปรุงรสพร้อมจำหน่ายได้ประมาณ 200-250 กรัม หรือประมาณ 1/4-1/5 ของวัตถุดิบเท่านั้น แสดงว่ามีของเหลืออยู่ในปริมาณค่อนข้างมากและกลุ่มแม่บ้านฯ แทบจะไม่มีการใช้ประโยชน์จากของเหลือเหล่านี้เลย ซึ่งจากการเก็บตัวอย่างจากสถานที่ผลิตจริงเบื้องต้น พบว่า ปริมาณของอินทรีย์สารในของเหลือน้ำผานและน้ำล้างประกอบด้วยแป้งในปริมาณที่ค่อนข้างมาก ในขณะที่ส่วนของเปลือกและตาหน่อประกอบด้วยเส้นใยหรือเซลลูโลสจำนวนมาก



รูปที่ 1 การผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดโดยกลุ่มแม่บ้านฯ (ส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์แสดงในกรอบเส้นประ)

2. อุปกรณ์และวิธีทดลอง

การทดลองในโครงการนี้ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

2.1 การแยกแป้งจากของเหลือในถังผาน 1 ตัวอย่าง และจากถังล้าง 3 ตัวอย่าง โดยตั้งของเหลือไว้ให้ตะกอนและแยกเอาน้ำออก แล้วเก็บเฉพาะส่วนของแป้งและนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่ 55°C จนแห้ง

2.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งที่แยกได้ทั้ง 4 ตัวอย่าง (Pomeranz, 1991; Sriburi และ Hill, 2000) โดยวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ ความชื้น [โดยอบที่ 103°C] เถ้า [โดยเผาที่ 600-700°C] ไขมัน [โดย Soxhlet extraction] โปรตีน [โดย Kjeldahl method] และคาร์โบไฮเดรต [โดยหาจากความแตกต่าง] ส่วนสมบัติทางเคมีฟิสิกส์มีดังนี้ ปริมาณอะมิโลส [โดย Iodine method] ดัชนีการอ้วนน้ำและการละลายน้ำ [โดยวิธี gravimetry] ความหนืดภายใน [โดยใช้ Ostwald viscometer] และลักษณะอนุภาคของเม็ดแป้ง [โดยใช้กล้องจุลทรรศน์] เปรียบเทียบกับแป้งที่สกัดจากหัวมันฝรั่งสด แล้วเลือกแป้งที่เหมาะสมเพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ต่อไป

2.3 การศึกษาการใช้ประโยชน์ต่างๆ ดังนี้

- (1) การผลิตแอลกอฮอล์ โดยใช้เอนไซม์เลสย่อยแป้ง จากนั้นหมักโดยใช้ *Saccharomyces cerevisiae* No. 7013 (Fermivin[®], Gist-broacades, France)
- (2) การใช้ทดแทน Potato Dextrose Agar (PDA) ในอาหารเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์เปรียบเทียบกับ PDA สำเร็จรูป (Merck, Germany) แล้วศึกษาการเจริญของเชื้อรา *Penicillium* sp.
- (3) การใช้ทดแทนวุ้นอะการ์ที่เป็นสารให้เจล (gelling agent) ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยใช้แป้งที่แยกได้เป็นตัวให้เจลและศึกษาการเจริญของเมล็ดมะเขือเทศสีดา (*Lycopersicon esculentum* Mill.)
- (4) การใช้เป็นอาหารคน คือ ข้าวเกรียบมันฝรั่ง โดยเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ในการผลิตทั่วไป
- (5) การผลิตกระดาษจากเปลือกและตาหน่อ จากนั้นตรวจสอบทางประสาทสัมผัสและจากกล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบกับกระดาษทั่วไป

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 องค์ประกอบทางเคมี

ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งทั้ง 4 ตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 1

3.1.1 ความชื้น

แป้งที่แยกได้ทุกตัวอย่างมีความชื้นใกล้เคียงกัน และอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่า 11% ซึ่งอยู่ในช่วงมาตรฐานของแป้งที่อยู่ในอุตสาหกรรมทั่วไป (ไม่เกิน 14%)

3.1.2 เถ้า

จากตารางที่ 1 พบว่า ตัวอย่างแป้งทั้งหมดมีปริมาณเถ้าระหว่าง 0.30-2.38% ซึ่งเถ้าหรือแร่ธาตุ หมายถึง ส่วนของสารอนินทรีย์ เช่น โซเดียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม หรือแคลเซียม ที่เหลือจากการเผาไหม้โดยสมบูรณ์ โดยปริมาณเถ้าในแป้งมันฝรั่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นองค์ประกอบโดยทั่วไปแป้งมันฝรั่งมีฟอสฟอรัสประมาณ 0.3-0.4% (Blandshard, 1987; Pomeranz, 1991) ซึ่งจะพบในรูปของหมู่ฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ที่เชื่อมกับหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 และ 6 ของกลูโคสในโมเลกุลของแป้ง ทำให้แป้งมันฝรั่งมีประจุพื้นผิวเป็นลบ ส่งผลให้การอุ้มน้ำและพองตัว (water absorption and swelling) เกิดขึ้นได้ง่าย และมีความหนืดสูงกว่าแป้งชนิดอื่นๆ

3.1.3 ไขมัน

แป้งทุกตัวอย่างที่ทดลองมีปริมาณไขมันต่ำกว่า 1% ซึ่งสอดคล้องกับที่รายงาน (Pomeranz, 1991) โดยพบทั้งในรูปของไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมัน หรือฟอสโฟลิปิด ซึ่งจะเชื่อมพันธะกับโมเลกุลของอะมิโลสในแป้งอย่างหลวมๆ ไขมันมีผลต่อสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้ง โดยเฉพาะความหนืดและการอุ้มน้ำ นอกจากนี้กรดไขมันอิสระที่ปนมายังทำให้แป้งเกิดการหืน (rancid) ได้

3.1.4 โปรตีน

ปริมาณโปรตีนในพบในตัวอย่างแป้งมีค่าระหว่าง 0.38-1.71% ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำและพบได้ในแป้งทั่วไป (ยกเว้นแป้งข้าวสาลี) โปรตีนที่อยู่ในแป้งจะเกาะอยู่ที่ผิวของเม็ดแป้งและทำให้ประจุบนผิวของเม็ดแป้งเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้การอุ้มน้ำและการพองตัว รวมทั้งการเกิดเจลเปลี่ยนแปลงด้วย (Blandshard, 1987)

3.1.5 คาร์โบไฮเดรต

ตัวอย่างแป้งที่แยกได้ทั้งหมดมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตใกล้เคียงกันและมีค่ามากกว่า 87% อย่างไรก็ตาม คาร์โบไฮเดรตนี้ไม่ใช่ส่วนของสตาร์ช (starch) ทั้งหมด แต่รวมถึงส่วนที่ไม่ใช่สตาร์ช (non-starch) ซึ่งส่วนใหญ่คือ เซลลูโลสที่ปนมาด้วย แต่พบในปริมาณที่ไม่สูงนัก

3.2 สมบัติทางเคมีฟิสิกส์

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้ง ดังนี้

3.2.1 ปริมาณอะมิโลส

ปริมาณอะมิโลสที่พบในโมเลกุลของแป้งตัวอย่างมีประมาณ 40-50% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าในแป้งที่สกัดจากหัวมันฝรั่งโดยตรงเล็กน้อย (~56%) ทั้งนี้เพราะมีสิ่งเจือปนอื่นๆ ด้วย ซึ่งอะมิโลสมีผลต่อพฤติกรรมของแป้ง ไม่ว่าจะเป็นการเกิดเจล ความหนืด และการคืนตัวของแป้ง

3.2.2 ดัชนีการอุ้มน้ำและการละลายน้ำ

แป้งตามธรรมชาติจะไม่ละลายน้ำเย็น แต่เมื่อเติมน้ำลงไปและให้ความร้อน แป้งจะเกิดการอุ้มน้ำและละลายน้ำได้มากขึ้น ซึ่งดัชนีการอุ้มน้ำและการละลายน้ำจะเป็นการค่าที่บ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงขนาดของโมเลกุลแป้งได้ โดยแป้งที่มีขนาดเล็กหรือแป้งที่ถูกย่อยด้วยสารเคมีหรือเอนไซม์จะมีดัชนีการอุ้มน้ำลดต่ำลงและดัชนีการละลายน้ำสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งตามธรรมชาติ ซึ่งจากการทดลองพบว่า แป้งยังคงมีสมบัติเช่นเดียวกับแป้งตามธรรมชาติ

3.2.3 ความหนืดภายใน

แป้งมันฝรั่งทุกตัวอย่างมีค่าความหนืดภายในใกล้เคียงกัน (10.49-10.60) แต่มีค่าน้อยกว่าของแป้งที่สกัดจากหัวมันฝรั่งสดเล็กน้อย ทั้งนี้ค่าความหนืดภายในของแป้งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงขนาดโมเลกุลของแป้ง โดยเฉพาะส่วนของอะมิโลเพกติน

3.2.4 ลักษณะอนุภาคของเม็ดแป้ง

จากรูปที่ 2 จะเห็นว่าแป้งมันฝรั่งที่แยกได้ทุกตัวอย่างมีลักษณะอนุภาคและโครงสร้าง birefringence คล้ายกับแป้งที่สกัดจากหัวมันฝรั่งสด แต่แป้งจากถั่วฝัก (a) มีสิ่งเจือปนน้อยที่สุด จึงเหมาะกับการใช้งานมากที่สุด

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างแบ่งที่แยกได้ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)

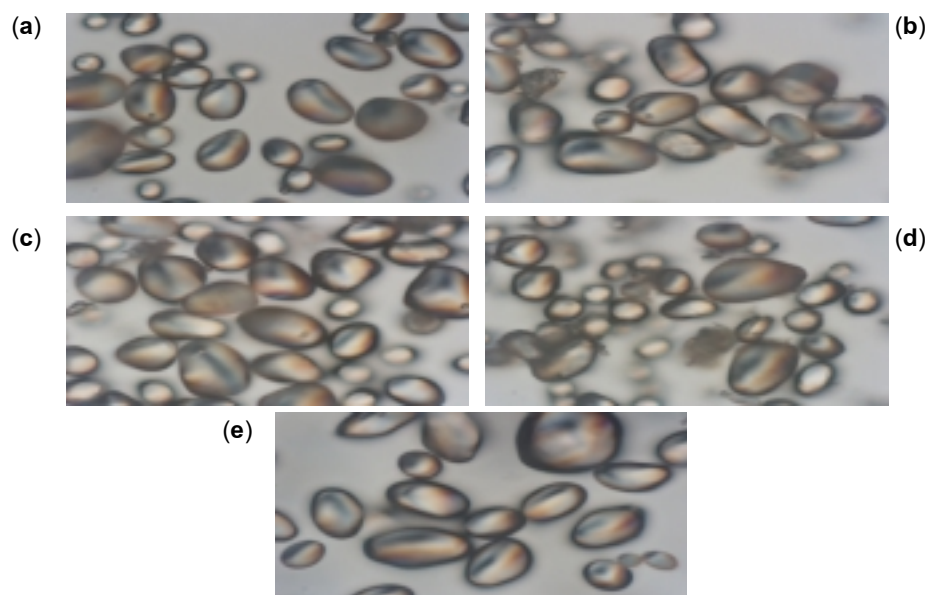
ตัวอย่างแบ่ง	ความชื้น	เถ้า	ไขมัน	โปรตีน	คาร์โบไฮเดรต
จากถึงฝาน	10.43±0.21	0.30±0.07	0.14±0.06	0.68±0.01	88.45±0.02
จากถึงล่างที่ 1	8.38±0.25	1.15±0.48	0.07±0.04	1.60±0.70	88.80±1.00
จากถึงล่างที่ 2	9.46±0.30	0.87±0.08	0.08±0.04	1.71±0.05	87.88±0.25
จากถึงล่างที่ 3	7.01±0.12	2.38±1.26	0.07±0.02	1.45±0.51	89.09±1.66

หมายเหตุ แบ่งที่สกัดจากหัวมันฝรั่งสดมีปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 9.59±0.04, 0.33±0.16, 0.72±0.24, 0.35±0.07 และ 89.01±0.13% ตามลำดับ

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของตัวอย่างแบ่งที่แยกได้

ตัวอย่างแบ่ง	ปริมาณอะมิโลส (%)	ดัชนีการอุ้มน้ำ (g/g)	ดัชนีการละลายน้ำ (%)	ความหนืดภายใน (cm ³ /g)
จากถึงฝาน	46.48±4.10	2.63±0.20	1.14±0.51	10.60±0.10
จากถึงล่างที่ 1	47.01±7.15	2.80±0.16	2.51±0.14	10.53±0.18
จากถึงล่างที่ 2	50.44±2.60	2.74±0.14	1.75±0.44	10.52±0.43
จากถึงล่างที่ 3	39.59±1.44	3.52±0.45	1.59±0.98	10.49±0.72

หมายเหตุ แบ่งที่สกัดจากหัวมันฝรั่งสดมีปริมาณอะมิโลส ดัชนีการอุ้มน้ำ ดัชนีการละลายน้ำ และความหนืดภายใน เท่ากับ 55.62±0.07%, 3.01±0.10 (g/g), 0.57±0.01% และ 11.77±0.11 (cm³/g) ตามลำดับ



รูปที่ 2 ลักษณะของเม็ดแป้งจากตัวอย่างแบ่งที่แยกได้ (a) แป้งจากถึงฝาน, (b) แป้งจากถึงล่างที่ 1, (c) แป้งจากถึงล่างที่ 2, (d) แป้งจากถึงล่างที่ 3 และ (e) แป้งที่สกัดจากหัวมันฝรั่งสด เมื่อตรวจสอบจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) และสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ (physicochemical properties) ของตัวอย่างแป้ง เป็นการบ่งชี้ถึงปริมาณขององค์ประกอบต่างๆ ที่มีอยู่ในแป้งและพฤติกรรมของแป้งในการใช้งาน ตามลำดับ ซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาใช้ประโยชน์ต่อไป

อย่างไรก็ตาม มีข้อควรระวังในการเก็บตัวอย่างแป้งจากธัญพืชและธัญพืชคือ ตัวอย่างแป้งจะอยู่ในลักษณะชุ่มน้ำและทำให้เกิดการเน่าเสียอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงต้องอบแป้งให้แห้งอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้อุณหภูมิที่ใช้อบก็ต้องมีความเหมาะสมเช่นกัน โดยพบว่า อุณหภูมิที่ทำให้แป้งมันฝรั่งกลายเป็นเจล คือ ประมาณ 56-69°C (Pomeranz, 1991) ซึ่งถ้าอุณหภูมิที่ใช้อบสูงกว่านี้ จะทำให้แป้งมีสมบัติทางเคมีฟิสิกส์เปลี่ยนไป

จากผลการทดลองข้างต้น จะเห็นว่า แป้งทุกตัวอย่างมีองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากสามารถแยกแป้งจากธัญพืชได้ในปริมาณมากที่สุดและมีสิ่งเจือปนน้อยที่สุด จึงเลือกแป้งดังกล่าวนี้มาศึกษาการใช้ประโยชน์ต่อไป

3.3 การศึกษาการใช้ประโยชน์

มีการใช้ประโยชน์แป้งจากธัญพืชดังนี้

3.3.1 การผลิตแอลกอฮอล์

การใช้ธัญพืชไม่เลื่อยแป้งที่เป็นวัตถุดิบแล้วใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* ในการหมักแอลกอฮอล์ พบว่า สามารถผลิตเอทานอลในขวดทดลองแบบไม่ต่อเนื่องได้ในปริมาณ 8.76% ในเวลา 60 ชั่วโมง ซึ่งถือเป็นระดับที่น่าพอใจ

3.3.2 การใช้ทดแทน PDA ในอาหารเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์และการใช้ทดแทนวันอะการในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

PDA เป็นอาหารเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ที่นิยมใช้กับเชื้อรา โดยมีทั้ง PDA สำเร็จรูปที่มีราคาแพง และ PDA ที่เตรียมเองโดยการต้มมันฝรั่งที่หั่นเป็นชิ้นให้เป็นน้ำมันฝรั่ง (potato broth) จากนั้นจึงผสมวันอะการไป ซึ่ง PDA แบบที่สองนี้จะเสียเวลาในการเตรียมน้ำมันฝรั่งและไม่สะดวกในการเตรียม โดยเฉพาะในฤดูกาลที่มันฝรั่งขาดแคลน

สำหรับวันอะการเป็นสารให้เจลที่สำคัญในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (George, 1993) แต่วันอะการมีราคาแพง ดังนั้นถ้าสามารถทดแทนการใช้วันอะการบางส่วนหรือทั้งหมดจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับสารเคมีลงไปด้วยและเหมาะสมกับการทดลองเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในห้องปฏิบัติการของโรงเรียน วิทยาลัย หรือมหาวิทยาลัย ที่ไม่ต้องการความแม่นยำสูงมากนัก โดยพบว่า *Penicillium* sp. ไม่เจริญและสร้างสีในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีแป้งมันฝรั่ง 100% แต่เมื่อเติมสารสกัดจากยีสต์ 1% เชื้อราสามารถเจริญและสร้างสีได้ สำหรับต้นมะเขือเทศสามารถเจริญได้ดีในอาหารเพาะเลี้ยงที่ระดับการทดแทนด้วยแป้งมันฝรั่ง 100%

3.3.3 การทำข้าวเกรียบมันฝรั่ง

จากการทดลองใช้แป้งที่แยกได้จากธัญพืชเป็นวัตถุดิบข้าวเกรียบมันฝรั่งเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบจากแป้งมันสำปะหลังที่ทำกันทั่วไป โดยใช้เฉพาะส่วนผสมของแป้งกับน้ำ แล้วเอาไปนึ่งให้สุก จากนั้นหั่นเป็นชิ้นบางๆ และทำให้แห้ง ศึกษาเกี่ยวกับการขยายตัว (expansion) (Sriburi และ Hill, 2000) ของข้าวเกรียบทั้งสองโดยใช้เตาอบไมโครเวฟ ซึ่งพบว่า การขยายตัวของข้าวเกรียบจากแป้งมันฝรั่ง 100% ก่อนข้างต่ำ แต่เมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังลงไปบางส่วนจะช่วยปรับปรุงการขยายตัวให้ดีขึ้น

3.3.4 การผลิตกระดาษจากเปลือกและตำหนิ

ถึงแม้กระดาษที่ผลิตได้จากของเหลือทิ้งจากเปลือกและตำหนิจากมันฝรั่งจะไม่ค่อยเหนียวมากนัก แต่สามารถขึ้นรูปได้ และเมื่อตรวจสอบลักษณะของเส้นใยจากกล้องจุลทรรศน์ พบว่า เส้นใยมีขนาดสั้นกว่าเส้นใยของกระดาษโดยทั่วไป ดังนั้นถ้าต้องการพัฒนาต่อไป อาจต้องผสมเส้นใยชนิดอื่นที่มีความเหนียวและยาวมากกว่าลงไปด้วย

อย่างไรก็ตาม นอกเหนือจากการผลิตกระดาษจากเปลือกและตำหนิแล้ว อาจนำไปศึกษาการใช้ประโยชน์อื่นๆ ตัวอย่างเช่น Klingspohn และคณะ (1993) ศึกษาการผลิตเอนไซม์ 3 ชนิด คือ avicelase, CMCase และ xylanase โดยใช้เปลือกมันฝรั่งเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นและใช้เชื้อรา *Trichoderma reesei* ในการสร้างเอนไซม์

4. สรุปผลการทดลอง

แป้งเป็นองค์ประกอบหลักของอินทรีย์สารในน้ำทั้ง ดังนั้นจึงได้แยกแป้งจากขั้นตอนการผลิตมา 4 แหล่ง ได้แก่ แป้งจากถึงผ่าน แป้งจากถึงล้างที่ 1, 2 และ 3 มาวิเคราะห์ ซึ่งพบว่า ปริมาณความชื้น ถ้า ไชมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต อยู่ในช่วง 7.01-10.43, 0.30-2.38, 0.07-0.14, 0.68-1.71 และ 88.45-89.09% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งในด้านต่างๆ ได้แก่ ปริมาณอะมิโลส (39.59-50.44%) ดัชนีการอุ้มน้ำ (2.03-3.52 g/g) ดัชนีการละลายน้ำ (1.14-2.51%) ความหนืดภายใน (10.49-10.60 cm³/g) และลักษณะอนุภาคของเม็ดแป้ง อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่า แป้งทั้ง 4 ตัวอย่างที่วิเคราะห์มีสมบัติต่างๆ ที่ใกล้เคียงกัน แต่แป้งที่แยกได้จากถึงผ่านมีปริมาณมากที่สุด และที่สำคัญ จากผลการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่า แป้งในถึงผ่านมีสิ่งเจือปนน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งจากขั้นตอนการล้าง ดังนั้นจึงเลือกแป้งจากถึงผ่านเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ต่อไป ซึ่งสามารถใช้แป้งในการผลิตแอลกอฮอล์ (เอทานอล) การใช้แป้งเพื่อทดแทนวุ้นโปเตโตเด็กซ์โตรสในอาหารเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์และทดแทนวุ้นอะการ์ที่เป็นสารให้เจลในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช รวมทั้งใช้ทำข้าวเกรียบมันฝรั่งได้เป็นที่น่าพอใจ สำหรับของเหลือส่วนเปลือกและตำหนักที่มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตพวกเซลลูโลสจำนวนมากสามารถนำมาพัฒนาใช้ทำกระดาษได้ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาไปสู่การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์อย่างแท้จริง โดยเฉพาะการทำบริสุทธิ์แป้งที่แยกได้ให้เป็นสตาร์ช (starch) เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา นอกจากนี้จากการทดสอบพบว่า ของเหลวที่เหลือจากการแยกเอาแป้งออกไปแล้ว ยังประกอบด้วยโปรตีนในปริมาณสูง จึงควรศึกษาเพื่อพัฒนาการใช้ประโยชน์ต่อไป เช่น การใช้ทำอาหารสัตว์ เป็นต้น (Olse, 1996; Kemme-Kroonsberg และคณะ, 2000)

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครง

งานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2546 ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ และขอขอบคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และคุณป้าบัวคำ วิชาษา ประธานกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรเจดีย์แม่ครัว ต.แม่แฝกใหม่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านอุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย รวมทั้งความช่วยเหลือต่างๆ เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

- Blandshard, J.M.V. Starch Granule Structure and Function: a Physicochemical Approach. In *Starch: Properties and Potential*; Galliard, T., Ed.; John Wiley & Sons: Chichester, 1987; pp.16-54.
- George, E.F. *Plant Propagation by Tissue Culture. Part 1: The Technology*. 2nd ed. Exegetics Ltd., Wilts, 1993.
- Kemme-Kroonsberg, C.; van Uffelen; E.J.F.; Verhaart; J.C.J. Purified heat-coagulated potato protein for use in animal feed. U.S. Patent No. 6,042,872, 2000.
- Klingspohn, U.; Papsupuleti, P.V.; Schügerl, K. Production of Enzymes from Potato Pulp using Batch Operation of a Bioreactor. *J. Chem. Tech. Biotechnol.* **1993**, 58, 19-25.
- Lisinska, G.; Leszczynski, W. *Potato Science and Technology*, Elsevier Applied Science: London, 1989.
- Olse, H.S.; Method for Treatment of Potato Fruit Water. U.S. Patent 5,573,795, 1996.
- Pomeranz, Y. *Functional Properties of Food Components*. 2nd ed. Academic Press, Inc.: San Diego, California, 1991.
- Sriburi, P.; Hill, S.E. Extrusion of cassava starch with either variations in ascorbic acid concentration or pH. *Intern. J. Food Sci Tech.* **2000**, 35 (2): 141-154.