TFE-22

การผลิตเครื่องดื่มผงจากถั่วเหลืองและงาดำที่ผ่านการเพาะงอก

มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์[1] กรุณา วงษ์กระจ่าง [2]
นิสากร มีจั่น[1] สยุมพร ใจดี[1]และ สุวิสาส์ กาญจนพิมล[1]

[1] *คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง1 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520*

[2]*สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์50 ถนนงามวงศ์วาน เขตจตุรจักร กรุงเทพฯ 10900*

ผู้เขียนติดต่อ: มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์E-mail: kpmarade@kmitl.ac.th, kpmarade@gmail.com

บทคัดย่อ

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งอาหารที่อุดมด้วยโปรตีนนิยมนำมาผลิตเป็นน้ำนมถั่วเหลือง ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งน้ำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการเพาะงอกเป็นผลิตภัณฑ์ผงโดยใช้กรรมวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยกำหนดค่าตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วย อัตราส่วนของสารช่วยทำแห้ง และอุณหภูมิลมร้อนในการทำแห้ง ผลิตภัณฑ์ผงแห้งที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ ประกอบด้วย ปริมาณความชื้น ปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ ความหนาแน่น ดัชนีการดูดซับน้ำ ดัชนีการละลายน้ำและความสามารถในการจม ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของค่าตัวแปรด้วยวิธี Response Surface Method (RSM) จากการศึกษา พบว่าปัจจัยทั้ง 2 ประการ ต่างมีผลต่อคุณลักษณะของผงน้ำนมถั่วเหลืองงอก ที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของน้ำนมถั่วเหลืองงอกเพื่อให้ได้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงสูงสุดที่ 77.87% เมื่อทำการผลิตที่สภาวะที่ใช้ปริมาณการเติมสารช่วยทำแห้งที่ระดับ 2:1 และอุณหภูมิลมร้อนในการทำแห้งมีค่า 180°C

คำสำคัญ: เครื่องดื่มผง; ถั่วเหลือง;งาดำ;การเพาะงอก; การทำแห้งแบบพ่นฝอย

1. บทนำ

น้ำนมถั่วเหลืองจัดเป็นอาหารที่มีปริมาณโปรตีนสูงใกล้เคียงนมวัว และยังมีปริมาณธาตุเหล็กและวิตามินบี 1 ที่สูงกว่า แต่มีปริมาณไขมันที่น้อยกว่าน้ำนมจากสัตว์ เช่น น้ำนมวัว น้ำนมถั่วเหลืองจึงเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ และสามารถหาบริโภคได้ง่ายในราคาที่ไม่แพง

มีรายงานการนำเมล็ดพืชมาทำการเพาะงอก เพื่อเพิ่มสารอาหารที่เป็นประโยชน์เช่น สารกาบา (Gamma-amino butyric acid, GABA) ซึ่งเป็นสารช่วยป้องกันการเสื่อมของสมอง [1] เนื่องจากในระยะที่เมล็ดพืชเริ่มงอกจะเกิดการสร้างฮอร์โมนเพื่อช่วยในการเพิ่มจำนวนและขยายขนาดของเซลล์ จึงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และสำหรับเมล็ดถั่วเหลืองยังมีส่วนประกอบของสารไอโซฟลาโวนส์ (isoflavone) ที่สามารถช่วยชะลอการเกิดปัญหาโรคกระดูกพรุน [2,3] ดังนั้นการศึกษาการนำเมล็ดถั่วเหลืองมาทำการเพาะงอกก่อนนำไปแปรรูปเป็นน้ำนมถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์มากขึ้น ก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้บริโภค แต่อย่างไรก็ตาม น้ำนมถั่วเหลืองที่สกัดใหม่มีข้อจำกัดในด้านการนำไปบริโภค เนื่องจากสามารถเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ง่าย การยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จึงเป็นสิ่งจำเป็น การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ผงด้วยกรรมวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying) เป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร ผลิตภัณฑ์ที่ได้สะดวกต่อการนำไปบริโภค สามารถชงละลายคืนรูปได้สะดวก อีกทั้งการผลิตใช้ระยะเวลาสั้นและมีค่าใช้จ่ายการผลิตต่ำกว่ากรรมวิธีการทำแห้งแบบอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามในการทำแห้งด้วยกรรมวิธีพ่นฝอยนั้นมีปัจจัยการผลิตที่เกี่ยวข้องหลายประการ เช่น อุณหภูมิลมร้อน อัตราการป้อน การเติมสารช่วยทำแห้ง ชนิดและปริมาณผสม [4] ความเข้าใจถึงผลกระทบของปัจจัยการผลิตต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ผงแห้งเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้สามารถควบคุมการผลิตให้ได้

ผลิตภัณฑ์ตรงตามความต้องการ ในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการแปรรูปน้ำนมถั่วเหลืองผงที่ผ่านการเพาะงอก โดยมุ่งเน้นศึกษาถึงวิธีการเพาะงอกเมล็ดถั่วเหลืองก่อนนำมาสกัดเป็นน้ำนมถั่วเหลือง และศึกษาผลของปริมาณสารช่วยทำแห้งและอุณหภูมิลมร้อนในการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผงที่ได้

2. วัตถุดิบ และวิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 (จากกรมวิชาการเกษตร ศูนย์เชียงใหม่) และ งาดำ (ตราไร่ทิพย์) เพื่อปรุงแต่งรสชาติ

2.2 ขั้นตอนการศึกษาการเพาะงอกของถั่วเหลือง

เริ่มต้นนำเมล็ดถั่วเหลืองและงาดำ จำนวนอย่างละ 100 เมล็ด มาแช่น้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ก่อนนำมาเพาะงอก 2 วิธี ดังนี้

2.2.1.) สภาวะการแช่ – บ่ม คือ การเพาะงอกโดยนำเมล็ดพืชที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง มาเพาะต่อบนผ้าขาวบางที่เปียกหมาดๆ และพรมน้ำทุก 4 ชั่วโมง

2.2.2.) สภาวะการแช่น้ำ คือ การเพาะงอกโดยนำเมล็ดพืชที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง มาเพาะต่อโดยแช่น้ำตลอดและเปลี่ยนน้ำทุก 4 ชั่วโมง

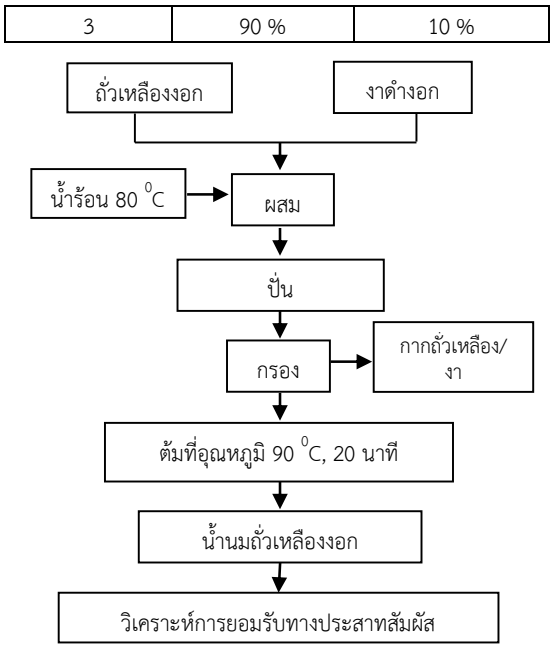
ในการทดลองใช้ระยะเวลาตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างถั่วเหลืองระหว่างการเพาะงอกมาวิเคราะห์อัตราการงอกและปริมาณสารกาบา ที่เวลา 0, 2 , 4 , 6 , 8 , 10 , 12 , 24 และ 48 ชั่วโมง

2.3 ขั้นตอนการสกัดน้ำนมถั่วเหลืองงอก

ในการสกัดน้ำนมถั่วเหลืองผสมงาดำงอกได้คัดเลือกถั่วเหลืองที่ผ่านสภาวะการเพาะงอกและให้ปริมาณสารกาบาสูงสุดมาผสมกับงาดำงอกเพื่อปรุงแต่งกลิ่นรส ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยใช้อัตราส่วน ถั่วเหลืองผสมงาดำ (1 กิโลกรัม) : น้ำ (8 ลิตร)

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการเพาะงอก

ตัวอย่างที่	ถั่วเหลืองงอก	งาดำงอก
1	100 %	-
2	95 %	5 %
3	90 %	10 %



รูปที่ 1 ขั้นตอนการสกัดน้ำนมถั่วเหลืองงอก

2.4 ขั้นตอนการทำแห้งแบบพ่นฝอย

การทำแห้งแบบพ่นฝอยใช้เครื่องทำแห้งที่มีหัวพ่นฝอยแบบ Two fluid nozzle ความดันหัวพ่น 0.2 MPaอัตราการป้อนวัตถุดิบคงที่ที่ 5 ลิตรต่อชั่วโมง ความเร็วรอบของพัดลมดูดอากาศ 2800 Hz ปรับค่าปริมาณสารช่วยทำแห้ง (มอลโตเด็กซ์ตริน) ที่เติมผสมในวัตถุดิบด้วยอัตราส่วน 0 , 1 และ 2 เท่าของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำนมถั่วเหลือง และสภาวะอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า ที่ระดับ 180 และ200 องศาเซลเซียสตามลำดับ

2.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

- การยอมรับทางประสาทสัมผัส

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส (Sensory Test) กำหนดตัวอย่างดังตารางที่ 1 นำตัวอย่างทั้ง 3 มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแบบ hedonic คิดเป็นคะแนน โดย 5 คือ ชอบมากที่สุด 4 คือชอบมาก 3 คือชอบ 2 คือปานกลาง และ 1 คือควรปรับปรุง นำมาวิเคราะห์คะแนนการยอมรับเพื่อเลือกตัวอย่างที่นำมาใช้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้ง

- คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผง

ความชื้น (Moisture content) [5]

นำผลิตภัณฑ์ผง 3 กรัม อบในตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักหลังอบคำนวณร้อยละความชื้นจากสมการ

$$\%\text{ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100 \quad (1)$$

ปริมาณผลผลิตที่ได้ (% yield) [6]

คำนวณจากปริมาณของแข็งทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ผงเทียบกับปริมาณของแข็งทั้งหมดในวัตถุดิบที่ป้อน ดังแสดงในสมการ

$$\%\text{yield} = \frac{TS_p}{TS_F} x\ 100 \quad (2)$$

เมื่อ TS_p = ปริมาณของแข็งในผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้ (g dry matter)

TS_F = ปริมาณของแข็งในวัตถุดิบเริ่มต้น (g dry matter)

ความหนาแน่นรวม (Bulk Density)

แสดงค่าน้ำหนักต่อปริมาตรของผลิตภัณฑ์ผง [5]

$$\text{ความหนาแน่นรวม} = \frac{\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์}}{\text{ปริมาตรภาชนะ}} x\ 100 \quad (3)$$

ดัชนีการดูดซับน้ำ (Water absorption index, WAI) และดัชนีการละลายน้ำ (Water solubility index WSI) [7]

ชั่งผลิตภัณฑ์ผง 2.5 กรัม ใส่ในน้ำปริมาณ 50 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กวนผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปเหวี่ยงแยกด้วยความเร็วรอบ 3000 rpm เป็นเวลา 30 นาที แยกส่วนที่ใสและเจลออกจากกัน โดยนำเจลที่ได้ไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณค่า WAI

$$\text{WAI} = \frac{\text{น้ำหนักเจล}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้งเริ่มต้น}} \quad (4)$$

นำส่วนใสไประเหยน้ำออกบางส่วน ก่อนนำไปอบต่อในตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณค่า WSI

$$\text{WSI (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของแข็งที่ละลายในส่วนใส}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้งเริ่มต้น}} \times 100 \quad (5)$$

ผลการทดลองที่ได้นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้อง โดยวิธีทางสถิติ

2.6 การวางแผนการทดลอง

ในกาศึกษาการทำแห้งใช้แผนการทดลองแบบ Factorial Design (Factor = 2 , Level = 2,3)

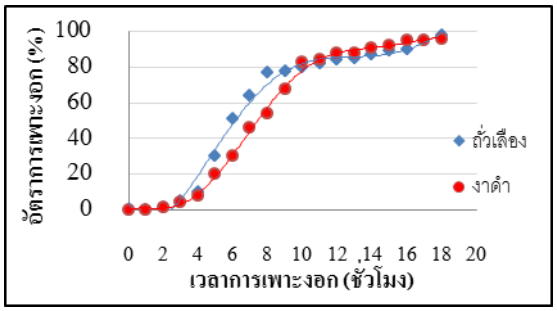
ตารางที่ 2 แผนการทดลอง

การทดลองที่	T_i (°C)	MD : SS
1	180	0:1
2	180	1:1
3	180	2:1
4	200	0:1
5	200	1:1
6	200	2:1

หมายเหตุ Ti คือ อุณหภูมิขาเข้า (°C)
MD คือ มอลโตเด็กตรินซ์ (g)
TS คือ ของแข็งที่ละลายได้ในน้ำนมถั่วเหลือง (g)

3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

3.1 อัตราการเพาะงอกของเมล็ดถั่วเหลืองและงาดำ ผลการศึกษาการเพาะงอกเมล็ดถั่วเหลืองและงาดำ แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 อัตราการเพาะงอกของเมล็ดถั่วเหลืองและงา

จากรูปที่ 2 พบว่าเมื่อเวลาที่ใช้ในการเพาะงอกเพิ่มขึ้นอัตราการงอกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามด้วย โดยที่ 12 ชั่วโมงแรก ถั่วเหลืองมีอัตราการงอกสูงกว่างาดำ แต่หลังจาก 12 ชั่วโมงผ่านไปงาดำมีอัตราการงอกสูงกว่าถั่วเหลือง เมื่อนำข้อมูลมาสร้างสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้ ดังนี้

อัตราการงอกของถั่วเหลือง

$$G = -0.00165t^5 + 0.09088t^4 - 1.8218t^3 + 15.4828t^2 - 41.9935t + 31.8507$$

$R^2 = 0.9934$, S.E = 3.4044 , $P < 0.01$

อัตราการงอกของงาดำ

$$G = -0.00017t^6 + 0.0095t^5 - 0.2005t^4 + 1.8229t^3 - 6.1093t^2 + 9.0378t - 3.7699$$

$R^2 = 0.9979$, S.E = 2.1207 , $P < 0.01$

เมื่อ G คือ อัตราการงอกของเมล็ดพืช, t คือเวลาในการเพาะงอก

3.2 ปริมาณสารกาบาในถั่วเหลืองที่เพาะงอก

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารกาบาของเมล็ดถั่วเหลืองดิบ เท่ากับ 32.38 mg/100 g dry weight ตารางที่ 3 แสดงปริมาณสารกาบาของถั่วเหลืองและงดที่เพาะงอกที่สภาวะต่างๆ พบว่าถั่วเหลืองที่เพาะงอกในสภาวะแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารกาบาสูงสุด 67.38 mg/100 g dry weight ส่วนงาดำในสภาวะแช่-บ่ม เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารกาบาสูงสุดสุด 9.71 mg/100 g dry weight ดังนั้นจึงเลือกถั่วเหลืองและงาดำที่ผ่านการเพาะงอกและให้ปริมาณสารกาบาสูงสุด เป็นวัตถุดิบเพื่อใช้สกัดน้ำนมถั่วเหลือง

ตารางที่ 3 ปริมาณสารกาบาที่สภาวะการเพาะงอกด้วยการแช่-บ่ม และการแช่น้ำที่ระยะเวลาการเพาะงอกต่างๆ

เมล็ดพืช	การเพาะงอก	ปริมาณสารกาบา (mg/100 g dry weight) เวลา(ชั่วโมง)			
		0	6	12	24
ถั่วเหลือง	แช่-บ่ม	55.06	42.79	38.62	57.41
	แช่น้ำ	55.06	54.09	67.38	40.57
งาดำ	แช่-บ่ม	8.28	8.91	9.04	9.71
	แช่น้ำ	8.28	8.63	8.67	8.64

3.3 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำนมถั่วเหลืองงอกผสมงาดำ

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแบบ hedonic โดยผู้สูงอายุที่มีอายุระหว่าง 52 - 78 ปี จำนวน 30 คน พบว่า น้ำนมถั่วเหลืองงอกที่ไม่ผสมงาดำ ได้คะแนนสูงสุด รองลงมาคือน้ำนมถั่วเหลืองงอกที่ผสมงาดำงอก 10% และ 5% ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะ / ถั่วเหลือง: งาดำ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
100 : 0	4.38	4.28	4.28	4.38	4.34
95 : 5	4.03	4.24	4.03	4.10	4.07
90 : 10	4.07	4.10	4.07	4.21	4.21

3.5 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองงอกผง

เมื่อนำน้ำนมถั่วเหลืองงอกมาทดลองทำแห้งแบบพ่นฝอย ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้นำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์ผงกับตัวแปรการผลิต ซึ่งประกอบด้วยปริมาณของมอลโตเด็กซ์ตรินกับอุณหภูมิลมร้อน ในรูปแบบสมการเชิงเส้น ดังนี้

$$Y = a_0 + a_1 T_i + a_2 MD + a_{12} T_i\, MD$$

เมื่อ Y คือ คุณลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์ผง

T_i คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า ($^{\circ}C$)

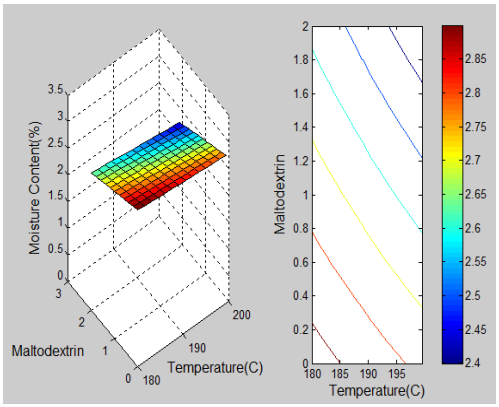
MD คือ ปริมาณการเติมมอลโตเด็กซ์ตริน (g)

ค่าปริมาณความชื้น (Moisture Content)

ค่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าอยู่ในช่วง 2.32-2.96 % ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์แสดงดังนี้

$$\text{Moisture content (\%)} = 4.5099 - 0.0087T_i + 0.1937MD - 0.0021T_i\, MD$$

$$R^2 = 0.9951 \text{ , S.E.} = 0.0331, p < 0.1$$



รูปที่ 3. ค่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ผง

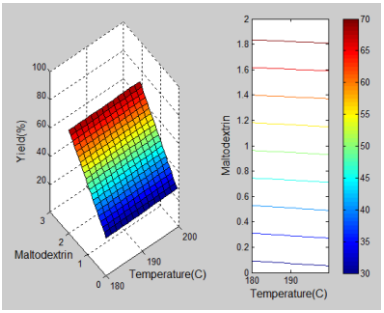
จากรูปที่ 3 จะเห็นว่าเมื่อใช้อุณหภูมิลมร้อนและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มสูงขึ้น มีผลให้ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ผงมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิลมร้อนที่สูงขึ้นทำให้อัตราการระเหยน้ำมากขึ้น ทำให้ความชื้นลดต่ำลงและเนื่องจากมอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารช่วยในการทำแห้ง ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลทำให้ค่าความชื้นลดลง

ปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ (Yield)

ค่าปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มีค่าอยู่ในช่วง 31.95 -77.87 % ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์แสดงดังนี้

$$Yield\ (\%) = 19.0933 + 0.04883T_i + 24.94M - 0.011T_iM$$

$R^2 = 0.9375$, S.E. = 9.9613 ,P > 0.1



รูปที่ 4 ค่าปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้

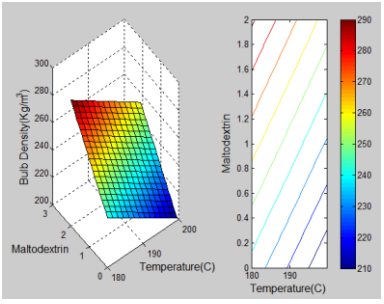
จากรูปที่ 4 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและอุณหภูมิลมร้อน มีผลให้ค่าปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ทำให้ปริมาณของแข็งที่สามารถละลายในน้ำนมถั่วเหลืองงอกเพิ่มขึ้น ส่วนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิลมร้อนในช่วง 180-200 องศาเซลเซียสไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มากนัก

ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ (Product Density)

ค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าในช่วง 200.82- 290.13 kg/m^3 ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์แสดงได้ดังนี้

$$Density\ (Kg/m^3) = 554.8729 - 1.7694T_i + 33.4696M - 0.0326T_iM$$

$R^2 = 0.9949$, S.E = 3.5970 , $p < 0.1$



รูปที่ 5. ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ผง

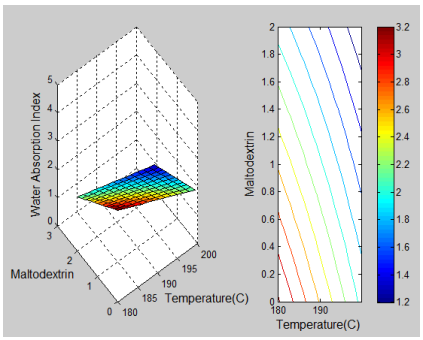
ผลของอุณหภูมิลมร้อนและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีแนวโน้มในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิลมร้อนมีค่าสูง ค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มีค่าลดลง อนุภาคของผงนมถั่วเหลืองมีรูพรุนมาก ในทางกลับกันเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลให้ค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5

ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (Water Absorption Index)

ค่าดัชนีการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์ผงมีค่าอยู่ในช่วง 0.70-3.03 ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์แสดงได้ดังนี้

$$Water\ absorption\ index\ (WAI) = 15.0288 - 0.06554T_i - 2.5632M + 0.0106T_i M$$

$R^2 = 0.9238$, S.E. = 0.4996 ,P > 0.1



รูปที่ 6 ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ

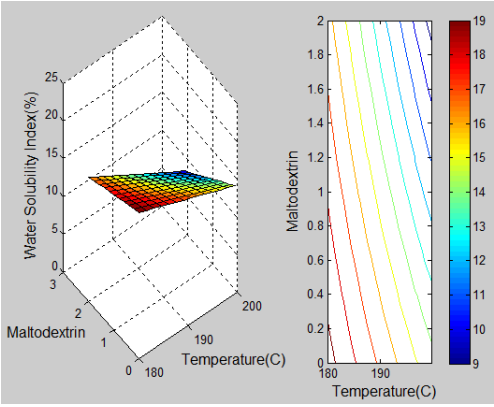
จากรูป 6 ค่าดัชนีการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์ผงมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและอุณหภูมิลมร้อน เนื่องจากการเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและอุณหภูมิลมร้อนนั้น มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำลงส่งผลให้ค่าการดูดซับน้ำต่ำลงด้วย ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินในปริมาณน้อยและใช้อุณหภูมิลมร้อนในการทำแห้งที่ต่ำกว่า ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้สามารถดูดซับน้ำได้สูง

ค่าดัชนีการละลายน้ำ

ค่าดัชนีการละลายน้ำของผลิตภัณฑ์มีค่าอยู่ในช่วง 5.08-19.44% ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์แสดงได้ดังนี้

$$Water\ Solubility\ index\ (WSI) = 65.928 - 0.2586Ti + 10.9440M - 0.06912Ti\ M$$

$R2 = 0.9997$, S.E. = 0.1391 , P< 0.05



รูปที่ 7 ค่าดัชนีการละลายน้ำ

จากรูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่าค่าดัชนีการละลายน้ำมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและอุณหภูมิลมร้อนที่ใช้ในการทำแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและอุณหภูมิลมร้อนทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำและความสามารถในการดูดซับน้ำลดลง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการละลายลดลง

4. สรุปผลการทดลอง

การสกัดน้ำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการเพาะงอกด้วยวิธีการแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารกาบาสูงสุดเท่ากับ 67.38 mg/100 g dry weight ส่วนงาที่ผ่านการเพาะงอกด้วยวิธีการแช่บ้ม ให้ปริมาณสารกาบาสูงสุดเท่ากับ 9.71 mg/100 g dry weight

การเติมปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินในวัตถุดิบน้ำนมถั่วเหลืองงอกที่นำมาทำแห้งแบบพ่นฝอยมีผลให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ ความสามารถในการจมและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงขึ้น ส่วนค่าความชื้น ความหนาแน่น ดัชนีการดูดซับน้ำ ดัชนีการละลายน้ำมีค่าลดลง

การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนในการทำแห้งมีผลให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความชื้น ความหนาแน่น ดัชนีการดูดซับน้ำ และดัชนีการละลายน้ำมีค่าลดลง

สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของน้ำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการเพาะงอกโดยการเติมปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินเป็น 2 เท่าของปริมาณของแข็งที่มีในน้ำนมถั่วเหลืองเริ่มต้น และใช้อุณหภูมิลมร้อนในการทำแห้งที่ 200 องศาเซลเซียส จะได้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงสูงสุดที่ 77.87%

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Manyam, B. V., Katz, L., Hare, T. A., Kanifefski, K., & Tremblay, R. D.1981. Isoniazid-induced elevation of cerebrospinal fluid (CSF) GABA levels and effects on chorea in Hunitington's disease, Annals of Neurology, Vol 10, 35–37.

[2] ศัลยา คงสมบูรณ์เวช, 2546.สารสำคัญในถั่วเหลือง., [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.elib – online.com เข้าดูเมื่อวันที่ 21/08/2554

[3] Khampang, E., Kerdchoechuen, O. and Laohakunjit, N., Change of Chemical Composition of Rice and Cereals During Germination, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi ,2552

[4] Mujumdar, Arun S. (2006) Handbook of Industrial Drying, CRC Press 3rd edition

[5] American Official Method of Analysis. AOAC 14th ed. 1984 Washington, D.C: Association of Official Chemists.

[6] Rahman, S. 1995. Food Properties Handbook. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida.500 p.

[7] Anderson,R.A.1969 "Roll and extrusion cooking of grain orghum grits." Cereal Science Today . Cited in D.Jones et al.,2000. "Physicochemical Properties of Ready-to-eat Breakfast Cereals" CFW Research