รายงานการวิจัย

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

Study on the Optimum Condition of Soy Milk Mixed with Riceberry Milk Powder

เพ็ญศิริ คงสิทธิ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560

หัวข้อวิจัย	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง
ชื่อผู้วิจัย	เพ็ญศิริ คงสิทธิ์
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา	2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมข้าว โดยแบ่งการดำเนินงานเป็น 3 ขั้นตอน คือ ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของนมถั่วเหลืองและนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ในนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์ศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ และศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอย และคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ คืออัตราส่วนเท่ากับ 60 : 40 โดยผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับมาก และปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ เท่ากับ ร้อยละ 10 ทำให้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสมากที่สุด และศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยปัจจัยที่ศึกษาประกอบด้วย อัตราการป้อน 10, 15 และ 20 รอบต่อนาที และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ใช้ในการทำแห้ง 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส โดยมีการวางแผนการทดลองแบบ 3x3 factorial experiment in CRD พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง คือ อัตราการป้อน 20 RPM และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า เท่ากับ 200 องศาเซลเซียส ทำให้ความชื่นอยู่ในช่วงมาตรฐาน คือไม่เกินร้อยละ 5 (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2556) ดัชนีการดูดซับน้ำ ดัชนีการละลาย มีค่าสูง ขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์ มีขนาดเล็ก ค่าปริมาณน้ำอิสระและความหนาแน่นอนุภาคมีค่าต่ำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

Research Title	Study on the Optimum Condition of Soy Milk Mixed with Riceberry Milk Powder
Researcher	Phensiri Khongsit
Faculty	Science and Technology
Academic Year	2017

Abstract

This research aims to study the production of soy milk mixed with riceberry milk powder. This research was divided into 30steps, To study the ratio of soy milk and riceberry milk for producing soy milk mixed with riceberry milk. To study the optimum of sweetener for producing soy milk mixed with riceberry milk and to study the optimum condition of spray drying and to study physical qualities of soy milk mixed with riceberry milk powder. The sensory acceptance was conducted by 30 consumers. The most accepted formula was 40:60 ratios and 10% of sugar. The process development of spray drying for soy milk mixed with riceberry milk powder at feed rate 10, 15 and 20 RPM and inlet drying temperature 180, 200 and 220 °C using 3x3 factorial. Experiment in CRD the result showed that the optimum condition was feed rate 20 RPM and inlet drying temperature 200 °C. The product had moisture content less than 5%, high water absorption index, and water solubility index, low particle size, water acitivity and particle density.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยนี้สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับการเอื้อเฟื้อจากทุกฝ่ายที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ แนะนำ และอำนวยความสะดวกมาตลอดจนงานวิจัยนี้สำเร็จ ขอกราบขอบพระคุณ ดร. พงษ์ศรัณย์ จันทร์ชุ่ม ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่สนับสนุนองค์ความรู้ และขอขอบพระคุณคณะกรรมการที่พิจารณาทุนสนับสนุนที่ได้ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยอย่างดียิ่ง

เพ็ญศิริ คงสิทธิ์
ผู้รับผิดชอบโครงการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข
กิตติกรรมประกาศ ค
สารบัญ ง
สารบัญตาราง ฉ
สารบัญภาพ ช

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.4 ขอบเขตงานวิจัย 2
1.5 ระยะเวลาในการทำวิจัย 3
1.6 สถานที่ดำเนินการ 3
1.7 นิยามศัพท์ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 ถั่วเหลือง 5
2.2 นมถั่วเหลือง 9
2.3 ข้าวไรซ์เบอร์รี่ 10
2.4 การทำแห้งแบพ่นฝอย 15
2.5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย 19
2.6 มอลโตเดกซ์ตริน 21
2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการคืนรูป 22
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบในการทำวิจัย 26
3.2 เครื่องมือในอุปกรณ์ในการผลิต 26
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ 26
3.4 เครื่องมือในการประมวลผลงานวิจัย 27
3.5 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย 27
3.6 วิธีการดำเนินการวิจัย 28

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 34

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 52
5.2 ข้อเสนอแนะ 52
5.3 ปัญหาที่พบ 53

บรรณนานุกรม 54

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 60
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ 61
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ 70
ภาคผนวก จ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (ฉบับที่ 529) พ.ศ. 2547 น้ำนมถั่วเหลือง 76

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางโภชนาการของถั่วเหลืองทั้งเมล็ด	6
2.2 วิตามินที่พบในถั่วเหลือง	8
2.3 ส่วนประกอบของนมถั่วเหลือง นมวัว และมนุษย์ต่อน้ำหนัก 100 กรัม	10
2.4 สารอาหารสำคัญที่อยู่ในข้าวไรซ์เบอร์รี่	12
3.1 การวางแผนการทดลอง	33
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพจากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของนมถั่วเหลืองและนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่	34
4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่	36
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่	38
4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของนมถั่วเหลืองผสมน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงที่สภาวะต่างๆ	46

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 เมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่	11
2.2 หัวฉีดแบบหมุน	17
2.3 หัวฉีดแบบแรงดัน	17
2.4 หัวฉีดแบบสองของไหล	18
2.5 การไหลไปในทิศทางเดียวกัน	18
2.6 การไหลสวนทางกัน	19
2.7 การไหลในทิศทางผสม	19
3.1 การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง	29
3.2 การเตรียมน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่	30
3.3 การเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่	31
4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการดูดซับน้ำกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง	42
4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการละลายน้ำกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง	43
4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง	44
4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง	45
4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง	46
4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง	47
4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่างกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง	48
4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดงและสีเขียวกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง	49
4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีเหลืองและน้ำเงินกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง	50

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาพผนวก

ข-1 เครื่อง pocket refactometer (TSS) 62
ข-2 เครื่องวัดปริมาณความชื้น (moisture analyzer) 63
ค-1 เครื่องวัดค่าสี (colorimeter) 71
ค-2 เครื่องวัดความหนืด (viscometer) 72
ค-3 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity meter) 73
ค-4 เครื่องตะแกรงร่อนขนาดอนุภาคผง (particle size sieve) 74

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเครื่องดื่มจากธัญพืชมีบทบาทในตลาดอุตสาหกรรมอาหารและได้รับความนิยมจากผู้บริโภค มากขึ้นตามกระแสการตื่นตัวของการรักษาสุขภาพ เครื่องดื่มธัญพืชจัดว่าเป็นเครื่องดื่มเลียนแบบนมประเภทหนึ่ง ซึ่งเครื่องดื่มเลียนแบบนม คือการใช้วัตถุดิบจากพืช อาจใช้ในรูปของการใช้เมล็ดพืช เช่น เมล็ดน้ำมันพืชและธัญพืช มาผลิตโดยตรง หรืออาจใช้ในรูปของโปรตีนสกัดจากเมล็ดพืชและใบพืชเครื่องดื่มธัญพืชประเภทนมถั่วเหลือง เป็นผลิตภัณฑ์ที่บริโภคกันมาก เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูง มีราคาถูก และยังมีสารไฟโตเอสโตเจนซึ่งเป็นพฤษเคมีที่พบมากในถั่วเหลือง สารนี้มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนเอสโตเจน ซึ่งจะช่วยลดความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับหญิงวัยหมดประจำเดือน และป้องกันการสลายของมวลกระดูก ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีคุณสมบัติเด่นทางด้านโภชนาการ คือมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ได้แก่ เบต้าแคโรทีน แกมมาโอไรซานอล วิตามินอี แทนนิน สังกะสี โฟเลตสูง มีดัชนีน้ำตาลต่ำ-ปานกลาง นอกจากนี้รำข้าวและน้ำมันรำข้าว ยังมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่ดีเหมาะสำหรับใช้ทำผลิตภัณฑ์อาหารเชิงบำบัด ซึ่งข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นพันธุ์ข้าวที่เกิดขึ้นภายใต้ความร่วมมือระหว่างศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าวและคณะกรรมการกรมวิจัยแห่งชาติ ซึ่งร่วมกันวิจัยและปรับปรุงพันธุ์ขึ้นมา โดยใช้การผสมพันธุ์ข้าวระหว่างข้าวหอมนิลและข้าวหอมมะลิ 105 ทำให้ได้ข้าวพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะเด่นประจำสายพันธุ์คือ เมล็ดข้าวจะมีสีม่วงมีลักษณะเรียวยาวและมีผิวที่มันวาว นอกจากนี้ยังสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี มีคุณสมบัติต้านทานต่อโรครากไหม้ และทนต่อสภาพธาตุเหล็กเป็นพิษในดินมีไส้เดือน (ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว, 2555) สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้อหลากหลาย เช่น คุ้กกี้ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวตังข้าวไรซ์เบอร์รี่ และนมธัญพืช แต่ผลิตภัณฑ์น้ำนมธัญพืชจะมีอายุการเก็บสั้น รวมทั้งไม่สะดวกต่อการขนส่ง ดังนั้นการนำนมธัญพืชมาแปรรูปเป็นนมธัญพืชผงจึงเป็นการเสนออีกทางเลือกหนึ่ง ให้กับผู้บริโภค ซึ่งสามารถนำมาคืนรูปเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์น้ำนมธัญพืชพร้อมดื่ม ในปัจจุบันการผลิตน้ำนมธัญพืชผงสามารถทำได้หลายวิธี วิธีหนึ่ง คือ การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry) เป็นวิธีการที่นิยมใช้ สำหรับการทำแห้งสารละลายอินทรีย์สารประเภทอิมัลชัน (Emulsion) และของเหลวชนิดต่าง ๆ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของผงแห้ง มักใช้วิธีนี้ในอุตสาหกรรมทางเคมีและอาหาร ผลิตภัณฑ์ส่วนหนึ่งที่ได้จาก การอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีวางขายในปัจจุบันได้แก่ นมผง อาหารเด็ก ยา และสีย้อม การอบแห้งด้วยวิธีนี้ นอกจากจะใช้สำหรับทำแห้งอย่างรวดเร็วแล้ว ยังเป็นวิธีการที่มีประโยชน์มากในการลดขนาดและ ปริมาตรของของเหลวอีกด้วย และจากการวิจัยและพัฒนาที่ต่อเนื่องกัน มาทำให้วิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยกลายเป็นวิธีการอบแห้งที่มี ประสิทธิภาพและนิยมนำมาใช้อบแห้งให้กับผลิตภัณฑ์หลายชนิดในปัจจุบัน (พิศาล ฝ่ายชาวนา, 2546)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ อายุการเก็บรักษานาน อีกทั้งเป็นทางเลือกใหม่แก่ผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของนมถั่วเหลืองและนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ในนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่

1.2.3 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอย และคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมของนมถั่วเหลืองและนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ในนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่

1.3.2 ได้ทราบปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่

1.3.3 ได้ทราบสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอย และคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1.4.1 อัตราส่วนของนมถั่วเหลืองและนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ ในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ เท่ากับ 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 โดยน้ำหนัก

1.4.2 ปริมาณน้ำตาลทรายที่เติมในผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ น้ำตาลทราย 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

1.4.3 การทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 180, 200และ220 องศาเซลเซียส และอัตราการป้อน 10, 15 และ 20 RPM โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry; ยี่ห้อ Labplant UK,รุ่น SD-06 basis, ประเทศไทย)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

1.5 ระยะเวลาของการดำเนินวิจัย

แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	ระยะเวลา (เดือน) ปี พ.ศ. 2559-2560											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.ศึกษาและรวบรวมข้อมูล	←	→										
2.ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของนมถั่วเหลืองและนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ในนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่			←		→							
3.ศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่						←	→					
4.ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอย และคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่								←		→		
5.วิเคราะห์ สรุป และรายงานผล											←	→

1.6 สถานที่ดำเนินการวิจัย

1.6.1 ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี

1.6.2 ศูนย์วิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี

1.7 นิยามศัพท์

1.7.1 ถั่วเหลือง เป็นพืชล้มลุก ถั่วเหลืองจัดเป็นถั่วเมล็ดแห้ง ซึ่งอยู่ในกลุ่มพืชน้ำมันนำไปใช้เป็นวัตถุดิบ เพื่อการสกัด เป็นน้ำมันถั่วเหลือง และยังนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลาย เพื่อเป็นแหล่งโปรตีน (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 19, 2538)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

1.7.2 น้ำนมถั่วเหลือง คือ ของเหลวที่ได้จากถั่วเหลืองหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของถั่วเหลือง และอาจผสมวัตถุอื่นที่มีคุณค่าทางอาหารด้วยหรือไม่ก็ได้ ปรุงแต่งรสด้วยน้ำตาลและอาจเติมส่วนอื่นๆ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 198, 2543)

1.7.3 ข้าวไรซ์เบอร์รี่ คือ ข้าวที่ได้รับการคัดเลือกและพัฒนาจากข้าวเจ้าหอมนิล ม. เกษตรศาสตร์ (พันธุ์พ่อ) กับข้าวขาวดอกมะลิ 105 สถาบันวิจัยข้าว (พันธุ์แม่) โดยลักษณะเด่น คือ เมล็ดข้าวจะมีสีม่วง มีลักษณะเรียวยาวและมีผิวที่มันวาว (ชื่นจิต สีพญา, 2558)

1.7.4 น้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ น้ำนมข้าวเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดหนึ่งที่ได้จากการแปรรูปข้าว ซึ่งอุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายทั้งวิตามิน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่และเส้นใยอาหาร ช่วยดูดซับไขมัน ทำให้ร่างกายแข็งแรง ช่วยควบคุมระบบขับถ่ายให้ดีขึ้นและช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้

1.7.5 มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) คือคาร์โบไฮเดรต ประเภท โพลีแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ช (starch) บางส่วนให้เป็นสายสั้นๆ ของน้ำตาลกลูโคส (glucose) มีลักษณะเป็นผง หรือเกล็ดสีขาวไม่มีรส หรือ มีรสหวานเล็กน้อยสามารถละลายในน้ำได้ดี (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

1.7.6 DE (dextrose equivalent) หรือ ค่าสมมูลเด็กซ์โทรส คือ ปริมาณร้อยละของน้ำตาลรีดิวซ์ คิดเป็นปริมาณน้ำตาลเดกซ์โทรส ที่มีอยู่ในคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2547)

1.7.7 การอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray dry) คือ วิธีการที่นิยมใช้สำหรับการทำแห้งสารละลายอินทรีย์สารประเภทอิมัลชัน (emulsion) และของเหลวชนิดต่าง ๆ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ จะอยู่ในรูปของผงแห้ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นพืชอยู่ในตระกูล leguminosae มีชื่อวิทยาศาสตร์หลายชนิด เช่น *Glycine soja, Saja hispida,* และ *Phaseolus max* แต่ชื่อที่ยอมรับกันในปัจจุบัน คือ *Glycine max (L.)* Merrill (ธีระ เอกสมทรงเมษฐ์, 2545) ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก ลำต้นเป็นสี่เหลี่ยม มีขนยาวคลุมอยู่ ทุกส่วนของลำต้น ใบติดกับลำต้นแบบสลับ มีใบย่อย 3 ใบ รูปร่างคล้ายรูปไข่ ปลายแหลม ใบมีขนทั้งด้านบนและด้านล่าง ดอกเล็ก สีขาวอมม่วง ฝักแบบยาว มีเมล็ด 2-3 เมล็ด เป็นพืชที่ไม่ชอบน้ำขัง ดินที่ปลูกควรมีลักษณะเป็นดินร่วนปนดินเหนียว

พื้นที่ปลูกถั่วเหลือง ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะปลูกในแถบ 18 จังหวัดในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางตอนบน ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก จังหวัดที่มีผลผลิตมากในภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ กำแพงเพชร แพร่ เชียงราย ตาก ภาคกลาง ได้แก่ สระบุรี ลพบุรี ภาคตะวันออก ได้แก่ ปราจีนบุรี และภาคตะวันตก ได้แก่ กาญจนบุรี ผลผลิตรวมของประเทศจะมีปริมาณหนึ่งแสนตันเศษต่อปี โดยส่วนใหญ่เป็นผลผลิตที่ได้จากภาคเหนือ โดยพบว่าผลผลิตเฉลี่ยจะอยู่ในราว 150 กิโลกรัม ต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

เนื่องจากในถั่วเหลืองมีสารอาหารต่างๆซึ่งประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน แคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามิน จึงทำให้ถั่วเหลืองมีสรรพคุณทางยาและคุณค่าทางอาหาร เช่น ใช้ใยอาหารที่มีในเมล็ดถั่วเหลืองเป็นอาหารของคนที่เป็นโรคเบาหวานแทนการฉีดอินซูลิน นอกจากนี้ในเมล็ดถั่วเหลืองยังมีเลซิทินซึ่งเป็นสารบำรุงสมองช่วยเพิ่มความทรงจำ และลดคลอเลสเตอรอลในร่างกายอีกด้วย ในการที่นำถั่วเหลืองมาใช้ประโยชน์นั้นส่วนใหญ่มักแปรรูปถั่วเหลืองเป็นนมถั่วเหลือง เต้าหู้ เต้าเจี้ยว และขนมหวานจำพวกเต้าส่วน ซึ่งล้วนแต่เป็นอาหารหรือส่วนประกอบในอาหารที่คนส่วนใหญ่รู้จักเป็นอย่างดี แต่ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการแปรรูปถั่วเหลืองให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแปลกใหม่มากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค

2.1.1 องค์ประกอบทางโภชนาการของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองมีโปรตีนสูงถั่วเหลืองจึงเป็นแหล่งโปรตีนสำหรับผู้ที่ไม่บริโภคเนื้อสัตว์เพราะถั่วเหลือง มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับโปรตีนจากสัตว์ถ้าเราบริโภคถั่วเหลืองในปริมาณที่สูงมากพอร่างกายก็ จะได้รับโปรตีนเพียงพอกับความต้องการได้ ในน้ำนมถั่วเหลืองนั้นมีทั้งคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน (carbohydrate)และโปรตีน (protein) ที่ไม่เป็นไขมัน อิ่มตัวสายโมเลกุลยาวแบบเนื้อสัตว์ มี

แคลเซียม (calcium) ในสัดส่วนที่ไม่มากเกินกว่าแมกนีเซียม (magnesium) ในแบบน้ำนมวัว รวมทั้งมีวิตามินแร่ธาตุ ต่างๆมากมาย โดยเฉพาะฮอร์โมนที่มาจากพืช คือ ไอโซฟลาโวน (isoflavones) ซึ่งเป็นฮอร์โมนเอสโตรเจน (estrogen hormones) ที่ ช่วยในการดูดซึมแคลเซียม บรรเทาภาวะกระดูกพรุน และช่วยป้องกันมะเร็งเต้านม ในเพศหญิงและมะเร็งต่อมลูกหมากในเพศชายได้ น้ำนมถั่วเหลืองนั้นจะไม่มีน้ำตาลแลกโตส (lactose) และ กรดอะมิโนเคซีน (casein) เหมือนในน้ำนมวัวจึงทำให้คนที่แพ้น้ำนมวัวสามารถดื่มได้โดยที่ไม่มีอาการ ท้องเสีย(อภิพรรณ พุภักดี, 2546) องค์ประกอบทางโภชนาการของถั่วเหลืองทั้งเมล็ด ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางโภชนาการของถั่วเหลืองทั้งเมล็ด

องค์ประกอบทางโภชนาการ	ปริมาณร้อยละ
โปรตีน	34.0
คาร์โบไฮเดรต	26.7
ไขมัน	18.7
ความชื้น	11.1
เส้นใย	4.7
เถ้า	4.8

ที่มา : สุมาลี ทองแก้ว และวลัยทิพย์ สายชลวิจารณ์ (2541)

1) โปรตีน ถั่วเหลืองแห้งทั้งเมล็ดมีโปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 34-44 ในขณะที่ถั่วชนิดอื่นมีโปรตีนประมาณร้อยละ 20-30 ถั่วเหลืองมีโปรตีนมากกว่าเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ ถึง 2 เท่า แต่คุณภาพของโปรตีนจากถั่วเหลืองอาจด้วยกว่าโปรตีนจากสัตว์อยู่บ้าง เพราะถึงแม้ถั่วเหลืองจะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบทั้ง 8 ชนิด แต่สัดส่วนกรดอะมิโนบางตัวไม่เหมาะสม มีน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทำให้คุณภาพโปรตีนในถั่วเหลืองมีคุณค่าน้อยกว่าเนื้อสัตว์ กรดอะมิโนที่จำเป็นที่มีปริมาณน้อยในถั่วเหลืองได้แก่ เมธิโอนิน ส่วนกรดอะมิโนตัวอื่นใกล้เคียงเนื้อสัตว์แต่ถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนไลซีนสูง (อภิพรรณ พุภักดี, 2546)

2) คาร์โบไฮเดรต ในเมล็ดถั่วเหลืองมีคาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 35 อยู่ในรูปของโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) ทั้งที่เป็นอะไมโลส (amyloses) และอะไมโลเพคติน (amylopectins) (Anderson J.B., *et al.*,2000) และในรูปน้ำตาลไดแซคคาไรด์ (disaccharides)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ได้แก่ ซูโครส (sucrose) โอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharides) ได้แก่ ราฟฟิโนส (raffinose) และสตาชิโอส (starchyose) (วันชัย สมชิต, 2527)

ถั่วเหลืองอ่อนจะพบน้ำตาลในรูปของโมโนแซคคาไรด์ (monosaccharides) คือ กลูโคส (glucose) และน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง ชูการ์ (reducing sugar) อยู่ในปริมาณพอควร แต่จะลดน้อยลงจนไม่มีเมื่อถั่วอก่ (ธีระ เอกสมทรงเมษฐ์, 2545) เพราะจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลไดแซคคาไรด์ และโอลิโกแซคคาไรด์ซึ่งจะมีรวมกันประมาณร้อยละ 10 คือ น้ำตาลซูโครส ประมาณร้อยละ 5 สตาชิโอส ประมาณร้อยละ 4 ราฟฟิโนส ประมาณร้อยละ 1 มีอะราชิโนส และกลูโคสในปริมาณเล็กน้อย (Snyder,H.E. and Kwon, T.W., 1987) น้ำตาลสตาชิโอส และราฟฟิโนส เป็นสาเหตุที่เกิดลมในกระเพาะในบางคน เนื่องจากขาดเอนไซม์ แอลฟ่า กาแลคโตซิเดส (α-galactosidase) ในการย่อย จึงถูกย่อยโดยแบคทีเรียในลำไส้ ซึ่งจะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และมีเทน ออกมา ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดแก๊สในระบบทางเดินอาหารและกระเพาะอาหาร แต่ไม่ถือว่าเป็นอุปสรรคต่อการบริโภคเพราะถ้าผ่านการให้ความร้อนที่เหมาะสมก่อนทำการบริโภคก็สามารถลดปัญหาเหล่านี้ได้ (Liu K, 1997)

นอกจากคาร์โบไฮเดรตที่กล่าวมาแล้ว ยังพบคาร์โบไฮเดรตชนิดไม่ละลายน้ำ หรือ เส้นใยอาหาร ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose) ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยเพคติน (pectin) ร้อยละ 30 เซลลูโลส (cellulose) ร้อยละ 20 และเฮมิเซลลูโลส (hemi cellulose) ร้อยละ 50 โดยพบในส่วนเปลือกหุ้มเมล็ด (hull) มากกว่าในใบเลี้ยง (cotyledon) (Smith, A.H. and Circle, S.J., 1978)

3) ไขมัน เป็นส่วนประกอบที่มีมากรองจากโปรตีน การสะสมไขมัน และส่วนประกอบของกรดไขมันในถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับพันธ์ และสภาพแวดล้อมในช่วงของการสะสมโดยเฉลี่ยถั่วเหลืองของไทยจะมีไขมันอยู่ในช่วงระหว่าง ร้อยละ 16-18 แต่ถ้าเกิดภาวะฝนแล้งปริมาณไขมันจะลดลงอยู่ในช่วงร้อยละ 14-15 ไขมันที่สะสมจะประกอบด้วยกรดไลโนเลอิค (linoleic acid) ร้อยละ 50 กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง (monounsaturated fatty acid) ร้อยละ 20 กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) ร้อยละ 20 กรดแอลฟ่า ไลโนเลอิค (α – linoleic acid) ร้อยละ 7 กรดไขมันห่วงโซ่ขนาดยาว (long chain fatty acid) และฟอสฟอไลปิด (phospholipids) ร้อยละ 3 ซึ่งกรดไลโนเลอิค มีหน้าที่สำคัญ คือ ช่วยลดระดับโคเลสเตอรอล และช่วยในการเจริญเติบโตของเด็กและทารก (มลศิริ วีโรทัย, 2545) ส่วนฟอสฟอไลปิด เป็นสารที่คล้ายไขมัน (fat like substances) มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย โดยฟอสฟอรัสอยู่ในรูปของกรดฟอสฟอริค (phosphoric acid) หรือ ไอโนสิตอล (inosital) ในโมเลกุลของไขมัน และไนโตรเจนอยู่ในรูปของเลซิติน (lecithin) หรือ เซพาลิน (cephalin) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ที่ดี (ธีระ เอกสมทรงเมษฐ์, 2545)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

4) แร่ธาตุ ในถั่วเหลืองมีโปแตสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ แคลเซียม คลอไรด์ โวเดียม และธาตุอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และยังพบสารที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ คือ ไฟติน (phytin) ฟอสฟอไลปิด และกรดนิวคลีอิค ซึ่งไฟตินเป็นแหล่งที่มีฟอสฟอรัสมากที่สุด และมีผลต่อการดูดซึมแคลซียมในร่างกาย (ธีระ เอกสมทรงเมษฐ์, 2545) ข

5) วิตามิน ในถั่วเหลืองพบทั้งวิตามินที่ละลายในน้ำและวิตามินที่ละลายในไขมัน วิตามินที่ละลายได้ในน้ำที่พบ ได้แก่ วิตามินบี 1 (thiamin) วิตามินบี 2 (riboflavin) ไนอะซิน (niacin) กรดแพนโทเธนิค (pantothenic acid) และกรดโฟลิค (folic acid) ส่วนวิตามินซี (ascorbic acid) จะพบในถั่วเหลืองที่ยังอ่อน แต่จะหายไปเมื่อถั่วแก่ขึ้น วิตามินที่ละลายในไขมันที่พบ ได้แก่ วิตามินเอในรูปของเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นโปรวิตามิน เอ (porviyamin A) ส่วนวิตามินอีพบอยู่ในรูปของ แอลฟ่า เบต้า แกมม่า และ เดลต้า โทโคเฟอรอล ไม่พบวิตามินดี และเค (Liu K., 1997) ชนิดและปริมาณวิตามินที่พบในถั่วเหลืองแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 วิตามินที่พบในถั่วเหลือง

วิตามิน	ปริมาณที่พบในถั่วอ่อน microgram/(g)	ปริมาณที่พบในถั่วแก่ microgram/(g)
เบต้าแคโรทีน	2.0-7.0	2.4-0.2
ไทอะมีน	6.4	17.5-11.0
ไรโบวฟลาวิน	3.5	2.3
ไนอะซิน	-	25.9-20.0
แพนโทเธนิค	12	12
ไพริด๊อกซิน	3.5	6.4
ไบโอติน	0.5	0.6
กรดโฟลิค	1.3	3.2
ไอโนสิตอล	-	2.6-1.9
โคลีน	3.0-3.3	3.4
กรดแอสคอบิค	0.2	0.1

ที่มา : Liu K (1997)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2.2 นมถั่วเหลือง

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวสกัดได้จากเมล็ดถั่วเหลือง ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า ไกลซีน แมกซ์ เมอร์ (*Glycine max Merr.*) หรือแป้งถั่วเหลืองผสมด้วยน้ำ อาจผสมนม สารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ หรือ สารปรุงแต่ง สี กลิ่น และรส หรือไม่ก็ได้ แล้วนำมาผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อน เพื่อในปลอดภัยต่อการบริโภค (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) ปัญหาในการผลิตนมถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบ คือ ควรใช้ถั่วเหลืองที่แก่จัด เมล็ดมีสีเหลืองนวล และอยู่ในสภาพที่ดี ตลอดจนการใช้เทคนิคในการกำจัดกลิ่นถั่วเหลือง ซึ่งจะทำให้นมถั่วเหลืองมีสี กลิ่น และรสชาติใกล้เคียงกับนมสดมากที่สุด (สมชาย ประภาวัติ, 2523) ในประเทศ แถบเอเชียตะวันออก ยกเว้นเกาหลีใต้จะบริโภคนมถั่วเหลืองที่มีปริมาณโปรตีนไม่สูงมากนัก มีรสหวาน และมีกลิ่นถั่วเหลืองตามธรรมชาติ ในขณะที่ผู้บริโภคในแถบอื่นของโลกจะมีการบริโภคนมถั่วเหลืองที่แตกต่างออกไป

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 198 (2543) ให้นิยามไว้ว่า **น้ำนมถั่วเหลือง** หมายถึง ของเหลวที่ได้จากถั่วเหลืองหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของถั่วเหลือง และอาจผสมวัตถุอื่นที่มีคุณค่าทางอาหารด้วยหรือไม่ก็ได้ ทั้งนี้ ให้หมายความรวมถึงน้ำนมถั่วเหลืองชนิดเข้มข้นที่ต้องเจือจางก่อนบริโภคและน้ำนมถั่วเหลืองชนิดที่ต้องละลายก่อนบริโภค (กระทรวงสาธารณสุข, 2543)

นมถั่วเหลืองสามารถใช้เป็นนมสำหรับเด็กทารก หรือ ใช้เป็นส่วนผสมของสูตรนมเด็กทารก แม้ว่าจะมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส และโซเดียม น้อยกว่านมวัว ซึ่งควรได้รับเพิ่มจากอาหารอื่น แต่ข้อดีของนมถั่วเหลือง คือ มีราคาถูกกว่านมวัว เนื่องจากนมวัวส่วนใหญ่ยังต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศในรูปนมผง มีโปรตีนใกล้เคียงนมวัว มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวต่ำ ไม่มีคลอเลสเตอรอล และแลคโทส จึงเป็นอาหารที่เหมาะสำหรับผู้ที่ไม่สามารถบริโภคอาหารที่มีแลคโทสได้ และผู้บริโภคอาหารเจ หรืออาหารมังสวิรัติ ส่วนประกอบของนมถั่วเหลือง เปรียบเทียบกับนมวัวและนมมนุษย์ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบของนมถั่วเหลือง นมวัว และนมมนุษย์ต่อน้ำหนัก 100 กรัม

ส่วนประกอบ	นมถั่วเหลือง	นมวัว	นมมนุษย์
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	44	59	62
น้ำ (กรัม)	90.8	88.6	88.2
โปรตีน (กรัม)	3.6	2.9	1.4
ไขมัน (กรัม)	2.0	3.3	3.1
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	2.9	4.5	7.1
เถ้า (กรัม)	0.5	0.7	0.2
แร่ธาตุ (มิลลิกรัม)			
แคลเซียม	15	100	35
ฟอสฟอรัส	49	90	25
โซเดียม	2	36	15
เหล็ก	1.2	0.1	0.2
วิตามิน (มิลลิกรัม)			
ไทอะมิน	0.03	0.04	0.02
ไรโบฟลาวิน	0.02	0.15	0.03
ไนอะซิน	0.05	0.20	0.20
กรดไขมันอิ่มตัว (ร้อยละ)	40-48	60-70	55.3
กรดไขมันไม่อิ่มตัว (ร้อยละ)	52-60	30-40	44.7
คอเลสเตอรอล (ร้อยละ)	0	9.24-9.9	9.3-18.6

ที่มา : Liu K (1997)

2.3 ข้าวไรซ์เบอร์รี่

ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่ได้รับการคัดเลือกและพัฒนาจากข้าวเจ้าหอมนิล ม. เกษตรศาสตร์ (พันธุ์พ่อ) กับข้าวขาวดอกมะลิ 105 สถาบันวิจัยข้าว (พันธุ์แม่) ลักษณะประจำพันธุ์ ความสูงประมาณ 106 ซม. อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 130 วัน เมล็ดเรียวยาว สีม่วงดำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ 2.1 เมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่
ที่มา : สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกรมวิทยาศาสตร์บริการ (2558)

ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีธาตุเหล็กและสารต้านอนุมูลอิสระสูง มีใยอาหารที่อยู่ในราข้าวสูงจึงช่วยชะลอการดูดซึมน้ำตาล ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดขึ้นช้ากว่าการบริโภคข้าวกล้องและข้าวขาวขัดทั่วไป จึงเหมาะกับผู้ป่วยเบาหวาน มีสรรพคุณช่วยลดระดับไขมันและคอเลสเตอรอล ช่วยทำให้ระบบขับถ่ายทางานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นักวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และมหาวิทยาลัยมหิดลได้ร่วมกันศึกษาผลของการรับประทานข้าวไรซ์เบอร์รี่ในผู้ป่วยโรคเบาหวาน พบว่าสามารถช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ดีขึ้น เนื่องจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีดัชนีน้ำตาลต่ำกว่าข้าวขัดสีพันธุ์เดียวกัน การทานอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำจะช่วยให้เซลล์ร่างกายใช้อินซูลินได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นเซลล์จะรับน้ำตาลในเลือดไปใช้เป็นพลังงานได้มากขึ้นทาให้ระดับน้าตาลในเลือดลดต่ำลง ข้าวไรซ์เบอร์รี่จึงจัดเป็นทางเลือกใหม่เพื่อสุขภาพที่ดีในระยะยาว สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานและผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก คุณสมบัติทางโภชนาการของข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี ดังแสดงในตารางที่ 2.4

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ตารางที่ 2.4 สารอาหารสำคัญที่อยู่ในข้าวไรซ์เบอรี่

สารอาหาร	ปริมาณ
โอเมกา 3	25.51 mg/kg
ธาตุสังกะสี	31.90 mg/kg
ธาตุเหล็ก	13.00-18.00 mg/kg
วิตามินอี	678.00 ug/100g
วิตามินบี 1	0.42 mg/100g
เบต้าแคโรทีน	63.00 ug/100g
ลูทีน	84.00 ug/100g
โพลิฟีนอล	113.50 mg/100g
แทนนิน	89.33 mg/100g
แกมมา โอไรซานอล	462.00 ug/100g
เส้นใยอาหาร (Fiber)	มีอยู่ปริมาณมาก ในข้าวกล้องไรซ์เบอรี่
สารต้านอนุมูลอิสระ ชนิดละลายในน้ำ	
ชนิดละลายในน้ำ	47.50 mg ascorbic acid equivalent /100g
ชนิดละลายในน้ำมัน	33.40 mg ascorbic acid equivalent /100g

ที่มา : กองบรรณาธิการการเกษตร (2557)

2.3.1 สารอาหารสำคัญที่อยู่ในข้าวไรซ์เบอรี่

1) โอเมกา 3 เป็นกรดไขมันที่ช่วยควบคุมการขนส่งของสารอาหารต่างๆ จำเป็นต่อการป้องกันและรักษาโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจ โรคอัมพาต ลดการอักเสบของโรคไขข้อเสื่อม รูมาตอยด์ ปวดหัวไมเกรน ปวดประจำเดือน เพิ่มภูมิคุ้มกันร่างกาย ลดอาการของโรคภูมิแพ้ ตับและระบบประสาท ลดระดับคอเลสเตอรอล ซึ่งปริมาณโอเมกา 3 ในข้าวไรซ์เบอรี่มีอยู่ 25.51 mg/kg (กองบรรณาธิการการเกษตร, 2557)

2) ธาตุสังกะสี เป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อร่างกายมากเพราะเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์มากกว่า 200ชนิด มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนที่ควบคุมการทำงานของร่างกายหลายระบบ เช่น การเจริญเติบโต ภูมิคุ้มกันโรคติดเชื้อ การสืบพันธุ์ ระบบประสาทที่ควบคุมพฤติกรรม สังเคราะห์กรดนิวคลีอิกและที่สำคัญคือมีบทบาทในขบวนการเมตาบอลิซึมของโปรตีน ไขมันและคาร์โบไฮเดรท ช่วยสังเคราะห์โปรตีน สร้างคอลลาเจน รักษาสิว ป้องกันผมร่วง กระตุ้นรากผม ซึ่งปริมาณสังกะสีในข้าวไรซ์เบอรี่มีอยู่ 31.9 mg/kg (Jansen J, *et al.*, 2009)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

3) ธาตุเหล็ก เป็นตัวสร้างและจ่ายพลังงานในร่างกาย เป็นส่วนประกอบ ที่สำคัญของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงและเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้ออกซิเจนในร่างกายและสมอง เป็นแร่ธาตุสำคัญชนิดหนึ่งในร่างกายของคนเรามีธาตุเหล็กเป็นส่วนประกอบในเม็ดเลือดแดง สีแดงที่มองเห็นอยู่ในเม็ดเลือดคือสีที่เกิดจากธาตุเหล็กจับอยู่กับโปรตีน ชนิดหนึ่งเรียกว่าฮีโมโกลบินหรือเรียกกันสั้นๆ ว่า ฮีม (heme) ธาตุเหล็กที่ร่างกายสามารถดูดซึมเข้าไปจากอาหารนั้นจะกระจายไปอยู่ในไขกระดูกและถูกนำไปสร้างเม็ดเลือดแดงที่ไหลเวียนไปทั่วร่างกาย นำพาออกซิเจนในเลือดจากปอดไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆ ซึ่งร่างกายจะทำงานดีได้นั้น ต้องมีระบบการไหลเวียนของเลือดที่ดีและมีเม็ดเลือดแดงเหล่านี้มากพอ แหล่งของธาตุเหล็กก็คือเนื้อสัตว์ ตับ เลือด นอกจากนี้ก็ยังพบในพืชผัก (ข้าว,ถั่ว) ก็มีเหมือนกัน แต่ไม่ได้อยู่ในรูปของฮีมและจะถูกดูดซึมได้ไม่ดีเท่าธาตุเหล็กที่มาจากสัตว์ ซึ่งปริมาณธาตุเหล็กในข้าวไรซ์เบอรี่มีอยู่ 13-18 mg/kg (วันทนีย์ เกรียงสินยศ, 2549)

4) วิตามินอี เป็นวิตามินที่ชะลอความแก่ ผิวพรรณสดใส ลดอัตราเสี่ยงของโรคที่เกี่ยวกับหลอดเลือด สมองและหัวใจ ทำให้ปอดทำงานดีขึ้น วิตามินอีหรือโทโคเฟอรอล เป็นวิตามินชนิดหนึ่งที่ร่างกายจำเป็นต้องได้รับเป็นประจำทุกวัน มีลักษณะเป็นน้ำมัน สีเหลืองและละลายได้ดีในไขมันเช่นเดียวกับ วิตามินเอ วิตามินดีและวิตามินเค วิตามินอีมีหลายชนิด ได้แก่ แอลฟา เบตา แกมมาและซิกมา โทโคเฟอรอล โดยชนิดที่ออกฤทธิ์ได้ดีที่สุด คือ แอลฟาโทโคเฟอรอล ซึ่งปริมาณวิตามินอีในข้าวไรซ์เบอรี่มีอยู่ 678 ug/100g (สุนทร ตรีนันทวัน, 2544)

5) วิตามินบี 1 เป็นวิตามินที่จำเป็นต่อการทำงานของสมองและระบบประสาทป้องกันโรคเหน็บชา วิตามินบี 1 หรือ ไทอามีน เป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต มีหน้าที่สำคัญคือเป็นตัวเร่งเร่งปฏิกิริยาในการเผาผลาญ อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน ทำให้เกิดพลังงานเพื่อให้ร่างกายสามารถทำงานได้ นอกจากนี้ยังมีส่วนสำคัญของระบบประสาท โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านนำกระแสความรู้สึกของเส้นประสาท ถ้าร่างกายได้รับวิตามินบี 1 ไม่เพียงพอจะทำให้เป็นโรคเหน็บชา เป็นวิตามินที่ละลายในน้ำได้ จึงไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องของการสะสม สามารถพบวิตามินบี 1 ในข้าวกล้อง จมูกข้าวสาลี เมล็ดดอกทานตะวัน ถั่วชนิดต่างๆ เนื้อวัวไม่ติดมัน ตับ งา ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าวโอ๊ตและรำข้าว เป็นต้น ซึ่งปริมาณวิตามินบี 1 ในข้าวไรซ์เบอรี่มีอยู่ 10.42 mg/100g (เอมอร คชเสนี, 2549)

6) เบต้าแคโรทีน เป็นตัวที่ช่วยชะลอความแก่ ลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง บำรุงสายตา เบต้าแคโรทีนคือสารตั้งต้นของวิตามินเอ (โปรวิตามินเอ) มีบทบาทสำคัญในการรักษาสุขภาพและเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้แข็งแรง โดยปกติร่างกายของมนุษย์เราสามารถเปลี่ย เบต้าแคโรทีนไปเป็นวิตามินเอได้ตามปริมาณที่ร่างกายต้องการ นอกจากนี้ เบต้าแคโรทีนยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและพบว่าสามารถลดอัตราเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งได้อีกด้วย ในปัจจุบันมีการนำเบต้าแคโรทีนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมหลายชนิด โดยจะผสมวิตามินและเกลือแร่ชนิดอื่น หลายชนิดเข้าไปด้วยเพื่อ

บำรุงร่างกาย เบต้าแคโรทีนพบมากในผักและผลไม้ที่มีสีส้ม เหลืองหรือแดง เพราะเบต้าแคโรทีน คือตัวการทำให้พืชผักและผลไม้มีสีสัน เช่น แครอท ฟักทอง หน่อไม้ฝรั่ง ข้าวโพดอ่อน แตงโม แคนตาลูป มะละกอสุกและผักที่มีสีเขียว เช่น บรอคโคลี มะระ ผักบุ้ง ต้นหอม ผักคะน้า ผักตำลึง มีประโยชน์ต่อร่างกายและผิวพรรณอย่างมาก คือ ช่วยให้มองเห็นในที่มืดได้ดี ลดความเสื่อมของเซลล์ของลูกตา ลดความเสี่ยงต่อการเป็นต้อกระจก ช่วยป้องกันผิวที่อาจเกิดจากอันตรายของรังสีอัลตราไวโอเลตที่มากับแสงแดดได้ จึงทำให้ผิวพรรณ มีสุขภาพดี ไม่มีริ้วรอยแก่ก่อนวัย แลดูสดใสอยู่เสมอ นอกจากนี้ยังช่วยรักษาสภาพปกติของเซลล์เยื่อบุตาขาว กระจกตา ช่องปาก ทางเดินอาหาร ทางเดินหายใจ รวมถึงทางเดินปัสสาวะให้เป็นปกติและยังช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายทำงานได้ดีอีกด้วย ซึ่งปริมาณเบต้าแคโรทีนในข้าวไรซ์เบอรี่มีอยู่ 63 ug/100g (ลลิตา โรจนานุยุตต์, 2550)

7) ลูทีน เป็นตัวที่ช่วยป้องกันจอประสาทตาเสื่อม บำรุงการไหลเวียนของเลือดในเส้นเลือดฝอยที่หล่อเลี้ยงตา เป็นสารสกัดจากธรรมชาติ จัดอยู่ในกลุ่มสารที่มีสี ในตระกูล แคโรทีนอยด์ เป็นสารที่พบบริเวณตา ลูทีนเป็นแคโรทีนอยด์สีเหลือง ซึ่งมีส่วนอย่างมาก ในการต่อต้านสารต้านอนุมูลอิสระ ลูทีนพบได้ทั่วไปในผักใบเขียว ข้าวโพดและไข่แดง มีส่วนสำคัญในการบำรุงสายตา โมเลกุลของลูทีนพบในปริมาณสูงในจุดของดวงตา โดยที่ลูทีนจะฉาบบนผิวของเรตินา (Retina) บริเวณจุดรับภาพของลูกตา (macula) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่สำคัญที่สุดในจอประสาทตา เพราะเป็นจุดที่รูปภาพและแสงสว่าง ส่วนมากจะมาตกบริเวณนี้ ซึ่งเป็นส่วนที่จอตารับภาพได้ชัดเจนที่สุด ลูทีนจะช่วยในการดูดซับ แสงสีน้ำเงินในแถบสีการมอง เหน็บและช่วยปกป้องการทำลายของคลื่นสั้นที่มีต่อเยื่อบุผิวเรตินา พบว่าระดับลูทีน 2.0-6.9 ml/วัน จะช่วยป้องกันความเสื่อมของจุดด่างในดวงตาได้ สารลูทีนจะช่วยสร้างสารต้านอนุมูลอิสระในการป้องกันเยื่อแก้วตา ซึ่งปริมาณเบต้าแคโรทีนในข้าวไรซ์เบอรี่มีอยู่ 84 ug/100g (วินัย ดะห์ลัน, 2550)

8) โพลิฟีนอล เป็นตัวทำลายฤทธิ์ของอนุมูลอิสระป้องกันการเกิดโรคมะเร็งได้ โพลีฟีนอล (Pholyphenols) คือสารเคมีมีคุณสมบัติที่ดีต่อสุขภาพคือ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านมะเร็ง ลดระดับของคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือด กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ต้านแบคทีเรียไวรัส ป้องกันฟันผุ ซึ่งปริมาณโพลิฟีนอลในข้าวไรซ์เบอรี่มีอยู่ 113.5 mg/100g (จารนัย และคณะ, 2550)

9) แทนนิน เป็นตัวช่วยแก้ท้องร่วง แก้บิด สมานแผล แผลเปื่อย แทนนินเป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่และโครงสร้างซับซ้อน มีสถานะเป็นกรดอ่อนรสฝาดเป็นสารให้ความฝ โปรแอนโทรไซยานิน (proanthrocyanin) พบได้ในส่วนเปลือกต้นและแก่นไม้ เป็นส่วนใหญ่และ สารไฮโดรไลซ์แทนนิน (hydrolysable tannins) คือแบบที่สามารถถูกแยกออกเป็นโมเลกุลเล็กๆ ได้ พบมากในส่วนใบฝักและส่วนที่ปูดออกมาจากปกติ เมื่อต้นไม้ได้รับอันตราย (gall) แทนนินมีคุณสมบัติตกตะกอนโปรตีนทำให้หนังสัตว์ไม่เน่าเปื่อย จึงมีการใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนังด้วย แทนนินมีฤทธิ์ฝาดสมานจึงใช้เป็นยารักษาโรคท้องเสียได้ แทนนินมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ตัวอย่างแทนนินได้แก่

ไทโอแกลลิก กรดแกลลิกและกรดเอลลาจิก ซึ่งปริมาณแทนนินในข้าวไรซ์เบอรี่มีอยู่ 89.33 mg/100g (วิริยะ สิริสิงห, 2554)

10) แกมมาโอไรซานอล เป็นตัวช่วยลดระดับคอเรสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในหลอดเลือด ทำให้เลือดหมุนเวียนไปเลี้ยงอวัยวะส่วนต่างๆ ของร่างกายได้อย่างเป็นปกติ ลดอัตราเสี่ยงของโรคหัวใจ เบาหวาน ความดันโลหิตสูงและสมองเสื่อม เป็นสารธรรมชาติที่มี คุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งแปลว่า ข้าวเพราะโอรีซานอลพบมากในผิวของเมล็ดข้าวกล้อง หรือที่เรียกว่า ราข้าว จึงพบโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวเท่านั้น โอไรซานอลเป็นสารที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับวิตามินอีในการต้านอนุมูลอิสระและยังเป็นสายโซ่ธรรมชาติที่ดีในการป้องกัน การเกิด ออกซิเดชั่น (antioxidant) ของน้ำมันที่สำคัญและยังป้องกันการออกซิเดชั่นของกรดไขมันอิ่มตัวได้ดีกว่าวิตามินอีกลุ่มโทโคฟีรอลและกลุ่มโทโคไตรอีนอล ซึ่งการเกิดออกซิเดชั่นนั้นเป็นสาเหตุของการเกิดสภาวะที่ผิดปกติในร่างกาย เช่น โรคมะเร็งและโรคที่เกี่ยวกับหลอดเลือด นอกจากนั้นโอรีซานอลยังมีคุณสมบัติช่วยลดโคเลสเตอรอลที่ไม่ดี (LDL-C) ให้กับร่างกาย โอรีซานอลสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอีถึง 6 เท่า ซึ่งปริมาณแทนนินในข้าวไรซ์เบอรี่มีอยู่ 462 ug/100g (นัยนา บุญทวียุวัตน์และเรวดี จงสุวัตน์, 2545)

11) เส้นใยอาหาร เป็นตัวช่วยลดระดับไขมันและโคเลสเตอรอล ป้องกันโรคหัวใจ ช่วยควบคุมน้ำหนัก ช่วยระบบขับถ่าย เส้นใย คือ ส่วนผนังเซลล์ของพืช เช่น ผัก ผลไม้ เมล็ดธัญพืช ที่ไม่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหาร จึงไม่ให้พลังงานซึ่งมีปริมาณอยู่มากในข้าวไรซ์เบอรี่ประเภทของเส้นใยอาหารแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่ 1 เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำ (insoluble dietary fiber) หมายถึงเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำ แต่จะพองตัวในน้ำเหมือนฟองน้ำไม่ให้ความหนืด ทำให้เพิ่มปริมาตรน้ำในกระเพาะอาหาร จึงรู้สึกอิ่ม เส้นใยอาหารเหล่านี้ แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ไม่สามารถย่อยได้ ช่วยเพิ่มเนื้ออุจจาระ ลดปัญหาท้องผูกได้และลดความเสี่ยงของมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และลิกนิน (lignin) ประเภทที่ 2 เส้นใยอาหารที่ละลายได้ในน้ำ (soluble dietary fiber) หมายถึงเส้นใยอาหารที่เมื่อละลายในน้ำแล้วดูดซับน้ำไว้กับตัว ทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้นสารเหล่านี้ร่างกายย่อยไม่ได้แต่แบคทีเรียที่อาศัยในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยได้ (วินัย ดะห์ลัน, 2550)

2.4 การทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying)

เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry) เป็นวิธีการที่นิยมใช้ สำหรับการทำแห้งสารละลายอินทรีย์ สารประเภทอิมัลชัน (Emulsion) และของเหลวชนิดต่าง ๆ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของผงแห้ง มัก ใช้วิธีนี้ในอุตสาหกรรมทางเคมีและอาหาร ผลิตภัณฑ์ส่วนหนึ่งที่ได้จาก การอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีวางขายในปัจจุบันได้แก่ นมผง อาหารเด็ก ยา และสีย้อม การอบแห้งด้วยวิธีนี้

นอกจากจะใช้สำหรับทำแห้งอย่าง รวดเร็วแล้ว ยังเป็นวิธีการที่มีประโยชน์มากในการลดขนาดและปริมาตรของของเหลวอีกด้วย และจากการวิจัยและพัฒนาที่ต่อเนื่องกัน มาทำให้วิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยกลายเป็นวิธีการอบแห้งที่มี ประสิทธิภาพและนิยมนำมาใช้อบแห้งให้กับผลิตภัณฑ์หลายชนิดในปัจจุบัน (ไทรท์ ศรีโยธา, 2544)

2.4.1 ทฤษฎีการอบแห้งแบบพ่นฝอย

การอบแห้งแบบพ่นฝอยเป็นกระบวนการอบแห้งที่ประยุกต์ใช้กับการแปรรูปอาหารได้ทุกประเภทซึ่งอาหารที่ต้องการอบแห้งอาจอยู่ในสภาพของสารละลายที่เป็นเนื้อเดียวกันหรือสารละลายที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันที่อยู่ในรูปของสารละลายของผสมระหว่างของแข็งและของเหลว (Slurry) หรือของเหลวกับของเหลว(Emulsion) หลักการทำแห้งจะดำเนินการโดยทำให้ของเหลวดังกล่าวแตกตัวเป็นละอองหรือหยดเล็กๆ แล้วไหลผ่านไปในหออบแห้งซึ่งมีอากาศร้อนไหลผ่าน ในขณะเดียวกันเนื่องจากหยดของเหลวมีขนาดเล็กมากประมาณ 100-200ไมโครเมตร ทำให้มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากขึ้นเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการถ่ายโอนมวลและความร้อน การระเหยจึงเกิดขึ้นบนพื้นที่ผิวของหยดของเหลวอนุภาคเล็กๆ อย่างรวดเร็ว

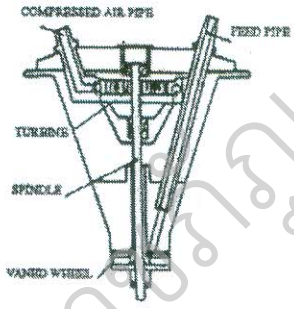
2.4.2 หลักการของระบบการอบแห้งแบบพ่นฝอย

การทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อระเหยน้ำออกจากของเหลวอย่างรวดเร็วโดยอากาศร้อนกระบวนการนี้ประกอบไปด้วยการพ่นของเหลว (Feed) ออกมาจนเป็นละอองขนาดเล็กเข้าผสมกับอากาศร้อนที่ไหลผ่านอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำที่อยู่ในละอองของเหลวระเหยไปทั้งหมด และได้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของผงแห้งสำหรับกระบวนการทำแห้งให้กับผลิตภัณฑ์นั้น จะเริ่มทำตั้งแต่ใส่ของเหลวลงในเครื่อง แล้วรอจนของเหลวมีความชื้นในระดับที่เหมาะสมต่อการฉีดให้ออกมาเป็นละออง จากนั้นจึงแยกผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งออกมา สำหรับตัวอย่างของเหลวที่นำมาทำแห้งนั้นสามารถใช้ได้ทั้งที่เป็น ตัวทำละลาย สารประเภทอิมัลชัน (Emulsion) หรือสารแขวนลอยก็ได้ ส่วนเครื่องมือที่ใช้สำหรับกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยคือเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer)กระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

1) การทำของเหลวให้มีอนุภาคขนาดเล็กๆหรือหยดของเหลว (Atomization) การทำของเหลวให้มีอนุภาคขนาดเล็กๆ หรือหยดของเหลวเป็นหัวใจหลักของการอบแห้งแบบพ่นฝอย เพราะจะเป็นตัวทำให้เกิดพื้นที่ผิวในการระเหยเพิ่มมากขึ้นซึ่งถ้ามีพื้นที่ผิวสูงก็จะสามารถระเหยน้ำออกจากอาหารได้รวดเร็ว และเป็นตัวทำให้เกิดอนุภาคเล็กๆ ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพเฉพาะทั้งขนาด รูปร่าง ตลอดจนความหนาแน่น เมื่อของเหลวมีขนาดเล็กลงจะเพิ่มพื้นที่ผิวในการถ่ายโอนความร้อนได้มาก ทำให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนและการถ่ายโอนมวลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

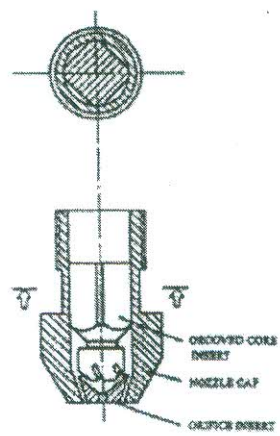
2) การทำให้ของเหลวกระจายตัวเป็นละออง(Atomization of Feed) กระบวนนี้เป็นการทำให้ของเหลว (Feed) พ่นฝอยกระจายตัวกลายเป็นละออง โดยใช้หัวฉีดแบบหมุนซึ่งถือว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของเครื่องพ่นฝอย (Spray dryer) ซึ่งมี 3 ชนิด คือ

2.1) หัวฉีดแบบหมุน (Rotary Atomizer) อุปกรณ์พ่นฝอยชนิดนี้ของเหลวจะไหลลงบนจานหมุนใกล้กับจุดศูนย์กลาง โดยจานหมุนจะมีความ เร็วรอบประมาณ 5,000-10,000 รอบต่อนาที ของเหลวที่ตกลงบนจานหมุนจะถูกเหวี่ยงออกด้านข้างกระจายเป็นละอองขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 30-120ไมครอน



รูปที่ 2.2 หัวฉีดแบบหมุน

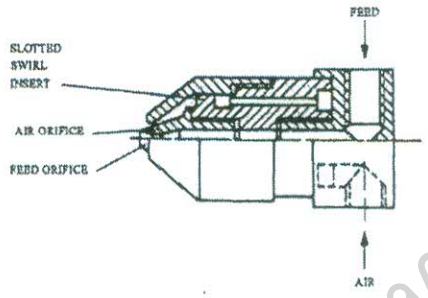
2.2) หัวฉีดแบบแรงดัน (Pressure Nozzles Atomizer) อุปกรณ์พ่นฝอยชนิดนี้ของเหลวจะไหลผ่านช่องของหัวฉีดภายใต้ความดันสูง ทำให้ของเหลวที่ออกมาจากหัวฉีดกระจายเป็นละอองฝอยได้โดยที่ไม่ต้องใช้อากาศ อนุภาคที่ได้จะมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 120-250ไมครอน โดยขนาดอนุภาคจะแปรผันตรงกับอัตราการไหลของ Feedและความหนืด แต่จะแปรผกผันกับความดัน



รูปที่ 2.3 หัวฉีดแบบแรงดัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

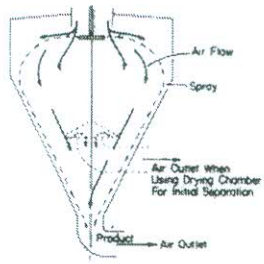
2.3) หัวฉีดแบบสองของไหล (Two-fluid Nozzle Atomizer ,Pneumatic Nozzle Atomizer) อุปกรณ์พ่นฝอยชนิดนี้ของเหลวและอากาศจะไหลผ่านหัวของหัวฉีด (Nozzle) ซึ่งจะทำให้ของเหลวแตกเป็นละอองฝอยเนื่องจากการไหลผ่านของอากาศด้วยความเร็วสูงภายในหัวฉีดการปรับอัตราการไหลของอากาศจะช่วยในการกระจายเป็นละอองของของเหลววิธีนี้นิยมใช้กับของเหลวที่มีความหนืดสูงแต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีค่าดำเนินการที่สูงแต่ให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ



รูปที่ 2.4 หัวฉีดแบบสองของไหล

3) การสัมผัสระหว่างละอองหยดของเหลวกับอากาศร้อน ในขั้นตอนนี้อนุภาคของอาหารจะสัมผัสกับอากาศร้อนเพื่อให้น้ำในอาหารเหลวรับความร้อนจากอากาศร้อนมาทำให้เกิดการระเหยน้ำออกไปการกำหนดทิศทางของการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงมากถ้าทิศทางการไหลของอากาศเหมาะสมก็จะทำให้การถ่ายโอนความร้อนเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วทั้งนี้ก็ต้องขึ้นกับจุดประสงค์ของการอบแห้ง ลักษณะของอาหารที่ต้องการอบแห้งคุณภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ การสัมผัสระหว่างอนุภาคอาหาร กับอากาศร้อนแบ่งได้ 3 แบบคือ

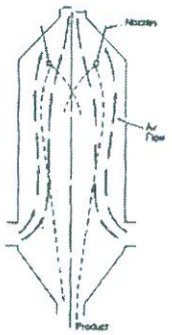
3.1) การไหลไปในทิศทางเดียวกัน (Co-current flow) อาหารเหลวจะถูกพ่นออกไปในทิศทางเดียวกันกับอากาศร้อนที่ไหลเข้าวิธีนี้เหมาะสำหรับสารละลายอาหารที่ไม่ทนต่อความร้อนเนื่องจากมีการระเหยของน้ำเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วในเวลาอันสั้นมากอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศร้อนขาออกผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนาแน่นต่ำ



รูปที่ 2.5 การไหลไปในทิศทางเดียวกัน

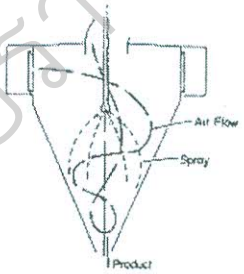
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3.2) การไหลสวนทางกัน (Counter-current flow) อาหารเหลวที่ถูกพ่นและอากาศร้อนไหลในทิศทางตรงกันข้ามเริ่มจากอนุภาคของอาหารที่มีอุณหภูมิต่ำเมื่อได้รับความร้อนจะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งเท่ากับอุณหภูมิของอากาศร้อน ลักษณะนี้จะมีการถ่ายโอนความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพเหมาะกับอาหารที่ทนต่อความร้อนสูงและต้องการความร้อนมาก



รูปที่ 2.6 การไหลสวนทางกัน

3.3) การไหลแบบผสมกัน (Mixed-flow) สารละลายและอากาศร้อนจะไหลไปในทางเดียวกันและสวนทางกันพร้อมๆกัน



รูปที่ 2.7 การไหลในทิศทางผสมกัน

2.5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอยซึ่งเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นของเหลวที่ไวต่อความร้อนและยังกำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้แน่นอนขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ที่เกิดจากการผลิต (Master, 1991 ; Boonyai, 2001) ได้แก่

2.5.1 อัตราการพ่นกระจาย (atomize speed) อัตราการพ่นกระจายนั้นมีผลต่อโครงสร้างและขนาดของอนุภาคที่ได้ โดยเมื่ออัตราการป้อนของเหลวคงที่ การเพิ่มความเร็วในการพ่นกระจายมีผล

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ให้ขนาดของอนุภาคที่ได้เล็กลง ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความหนาแน่นที่สูงกว่า เนื่องจากขนาดที่เล็กกว่าสามารถแทนที่ในช่องว่างระหว่างอนุภาคที่ใหญ่ได้

2.5.2 คุณสมบัติในการป้อน ปริมาณของแข็งของสารละลายมีผลต่อลักษณะและขนาดของอนุภาคผงที่ได้ในด้านความหนาแน่นรวม นอกจากนี้การป้อนสารละลายด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นหรือ การลดอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าจะส่งผลให้อนุภาคที่ได้มีความหยาบและทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น รวมถึงขนาดของอนุภาคที่ใหญ่ขึ้น ทำให้การระเหยน้ำช้ากว่าในสารละลายที่มีปริมาณของแข็งน้อยกว่า

2.5.3 ชนิดของหัวพ่น ทำด้วยโลหะปลอดสนิมแสตนเลส โดยเป็นหัวฉีดแบบ 2 หัว ซึ่งด้านในท่อจะเป็นสองชั้นสำหรับใช้อัดอากาศเข้าไป ทำให้การทำงานของหัวพ่นมีความสมบูรณ์ขึ้น การทำงานทำได้ดีขึ้น ทำให้สามารถใช้กับสารละลายตัวอย่างที่มีความหนืดได้

2.5.4 การไหลของอากาศ (air flow) อัตราการไหลของอากาศภายในห้องอบแห้ง มีผลต่อเวลาของที่อยู่ในห้องอบแห้งของอนุภาคหรือเวลาที่ใช้ในการอบแห้งโดยตรง ถ้าอัตราการไหลของอากาศลดลงส่งผลให้เวลาที่อยู่ในห้องอบแห้งของอนุภาคหรือเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่ถูกระเหยมีมากขึ้นมีผลให้ความชื้นลดลงและยังส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งในด้านคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เช่น การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลอันเนื่องจากความร้อน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเข้มและเกิดกลิ่นไหม้ นอกจากนี้อัตราการไหลของอากาศยังมีผลต่อปริมาณผลผลิตที่ได้

2.5.5 อุณหภูมิในการอบแห้ง (drying temperature) อุณหภูมิของลมร้อนในการอบแห้งทั้งขาเข้า (inlet temperature) และขาออก (outlet temperature) มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ เมื่ออุณหภูมิขาเข้าเพิ่มขึ้นโดยที่อัตราการไหลคงที่จะส่งผลให้เกิดการระเหยน้ำออกไปได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้อุณหภูมิขาเข้าที่สูงยังมีผลให้ความหนาแน่นปรากฏรวมมีค่าลดลง ทำให้เกิดโครงสร้างที่มีรูพรุน (porous) ในอนุภาคผงมากกว่า ในขณะที่อุณหภูมิขาออกจะส่งผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขาออกให้สูงขึ้นมีผลให้ปริมาณความชื้นที่เหลือลดลง ดังนั้นการกำหนดอุณหภูมิลมร้อนขาออกจะขึ้นกับปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นสำคัญ ผลของความชื้นในผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะส่งผลต่อคุณภาพในด้านต่างๆ เช่น การละลาย (solubility) ความหนาแน่นปรากฏ (bulk density)ขนาด (particle size) การดูดความชื้น (hygroscopicity) และอายุการเก็บรักษา (shelf life)

2.6 มอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrin)

มอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrin) คือคอมเพล็กคาร์โบไฮเดรท ประเภท polysaccharide ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของแป้ง (starch) บางส่วนให้เป็นสายสั้นๆ ของน้ำตาลกลูโคส (glucose) มีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีขาวไม่มีรส หรือมีรสหวานเล็กน้อย ความหวานของน้ำตาลดูได้ที่ค่า DE ยิ่ง DE สูงยิ่งหวาน สามารถละลายน้ำได้ดี น้ำหนัก 100 กรัมให้พลังงาน 380 Kcal เป็น CHO 94 g มันเป็น คาร์โบไฮเดรต ที่ถูกย่อย ให้เป็น น้ำตาลโมโนแซคคาไรด์ ดังนั้น สารอาหารจะมีแค่กลุ่มของพวกคาร์โบไฮเดรต เท่านั้น มันถูกแปลงเป็นกลูโคสได้แค่ 10% ตามค่า DE10 ดังนั้นจึงใช้เป็นคาร์โบไฮเดรตใน BD เพื่อให้ผู้ป่วยเบาหวานได้

มอลโทเดกซ์ทริน ($C_2H_{12}O_5$) n-H_2O เป็นสารประกอบพอลิเมอร์ จะประกอบด้วย น้ำตาลกลูโคสส่วนใหญ่เชื่อมด้วยพันธะ α-1,4 มีค่าสมมูลเดกซ์โทรส (dextrose equivalent, DE) น้อยกว่า 20 มอลโทเดกซ์ทรินมีลักษณะเป็นผงสีขาว มีความหวานเล็กน้อยหรือไม่หวานเลยขึ้นอยู่กับค่าสมมูลเดกซ์โทรส ละลายน้ำได้ดีที่อุณหภูมิห้อง ค่าการละลายมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 98 ค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 4-6 ค่าความหนาปรากฏ (bulk density) อยู่ในช่วง 0.31-0.61 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรและมีค่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชั่น (glass transition temperature, Tg) สูง (มอลโทเดกซ์ทริน ค่าสมมูลเดกซ์โทรส 5 มีค่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชั่น เท่ากับ 188 องศาเซลเซียส) นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา โดยเฉพาะในกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย เพราะมีราคาถูก สารละลายที่ได้อาจจะใสหรือขุ่นขึ้นอยู่กับชนิดของมอลโทเดกซ์ทรินที่ใช้สารละลายที่ได้มีลักษณะความเป็นเนื้อ (body) และมีความหนืดที่สม่ำเสมอ เนื้อสัมผัสเรียบเนียนและมีความสามารถในการดูดความชื้นต่ำ (low hygroscopicity) โดยพวกที่มีค่าสมมูลเดกซ์โทรสต่ำๆ จะมีจุดเยือกแข็งคงที่และควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้อย่างดี ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาลน้อยลงมาก นอกจากนั้นยังสามารถละลายได้ในอาหารที่เป็นของเหลว เช่น ซุป นม น้ำผลไม้ เป็นต้น อาจเติมในลักษณะที่เป็นผงโดยตรงหรือมาละลายในน้ำก่อน

มอลโทเดกซ์ทรินมีความสามารถในการกักเก็บสารให้กลิ่นรสไม่ค่อยดี โดยเฉพาะสารให้กลิ่น รสพวกที่ไม่ชอบน้ำ ซึ่งไม่มีสมบัติในการเป็นอิมัลซิฟายเออร์ (emulsifier) หรือสารให้ความคงตัว (stabilizer) ทำให้ในการอบแห้งสารให้กลิ่นรสไม่ถูกห่อหุ้มและถูกทำลายด้วยความร้อน จึงมักใช้ร่วมกับกัมอะราบิก นอกจากนี้มอลโทเดกซ์ทรินเป็นสารดูดความชื้น (hygroscopic) ทำให้เกาะตัวเป็นก้อน (caking)

มอลโทเดกซ์ทรินหมายถึงกลุ่มโมเลกุลใหญ่ๆ ที่สามารถถูกเอนไซม์กลุ่มอะไมเลสย่อยแล้วให้น้ำตาลมอลโตสได้ เช่น มอลโทไตรเอส มอลโทเตตระโอสและมอลโทเพนตะโอส เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

ค่าสมมูลเดกซ์โตรสหรือ DE ย่อมาจาก dextrose equivalent หมายถึงร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำตาลกลูโคสที่มีอยู่ในตัวอย่าง เมื่อใช้วิธีการตรวจวัดโดยวิธีรีดักชัน (reduction) หรือหาได้จากสูตรดังนี้

$$DE = \frac{\text{ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่วัดได้}}{\text{น้ำหนัก (ของแข็ง)ของตัวอย่าง}} \times 100$$

มอลโทเดกซ์ทรินที่ผลิตได้จากวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี รสหวานดูดความชื้นน้อยเพราะมีปริมาณไมโนแซคคาไรด์น้อย ได้มีการรายงานองค์ประกอบของ มอลโทเดกซ์ทรินที่สมมูลเดกซ์โตรส 5-19 เมื่อเทผงมอลโทเดกซ์ทริน ออกมาจะไหลลงอย่างอิสระไม่เกาะติดกัน เราจะสามารถรับประทานมอลโทเดกซ์ทรินอย่างปลอดภัย เพราะเอนไซม์ในลำไส้ของเราจะย่อยมอลโทเดกซ์ทรินให้เป็น ดี-กลูโคส เช่นเดียวกันกับคาร์โบไฮเดรตทั่วไป มอลโทเดกซ์ทรินละลายน้ำได้ง่าย สามารถเตรียมเป็นสารละลายในน้ำที่อุณหภูมิห้องได้ความเข้มข้นสูงร้อยละ 15-60 ความเข้มข้นสูงสุดที่เตรียมได้จะขึ้นอยู่กับชนิดของมอลโทเดกซ์ทริน

สารละลายที่ได้จะใส มีความหนืดระดับปานกลางถึงต่ำมากและเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลน้อย มอลโทเดกซ์ทรินที่มีสมมูลเดกซ์โตรสสูงจะมีความสามารถในการดูดความชื้น ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ค่าการละลาย ความใสของการละลายและความหวานสูงกว่ามอลโทเดกซ์ทรินที่มีสมมูลเดกซ์โตรสต่ำ แต่จะมีความหนืดต่ำกว่า

มอลโทเดกซ์ทริน เป็นแคริเออร์ที่นิยมใช้ในการทำแห้งแบบพ่นฝอย เพราะมีคุณสมบัติด้านการละลายและการกระจายตัวในน้ำดี ช่วยให้ไขมันกระจายตัว ดูดความชื้นน้อย รักษากลิ่นรสของได้ดี และมีการไหลอย่างอิสระไม่เกาะติดกัน ตัวอย่างเช่น มีการใช้มอลโทเดกซ์ทริน สมมูลเดกซ์โตรส 10 ในส่วนผสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยอาหารพวกไขมันผงเนยแข็งผง ผงปรุงแต่ง กลิ่นผสมอาหาร น้ำผลไม้ผงและผงไซรัป

2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการคืนรูป

การคืนรูปของอาหารแห้ง หมายถึงการดูดน้ำกลับคืนของอาหารแห้งเพื่อเข้าสู่สภาพเดิมคล้ายก่อนการทำแห้ง คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ผงที่ละลายน้ำได้ทันที (instant powder) ควรมี ลักษณะคือ พื้นที่ในการดูดซับน้ำปริมาณมาก (wettability) ทำให้ความสามารถในการจมตัว (sinkability) และความสามารถในการกระจายตัว (dispersibility) ดีขึ้นส่งผลให้เกิดการละลายน้ำ(solubility) ที่ดีตามมาซึ่งเป็นการต้านการตกตะกอน นอกจากนี้ความสามารถในการคืนตัว (reconstitution) ยังขึ้นกับการจับตัวกับน้ำอีกด้วย

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิษณุโลก

2.7.1 ความสามารถในการเปียกน้ำ (wettability) ความสามารถของอนุภาคของผงในการดูดซับน้ำบนพื้นผิวของอนุภาค คุณสมบัติดังกล่าวขึ้นกับขนาดและองค์ประกอบทางเคมีของผิวอาหาร อาหารที่มีขนาดอนุภาคเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักสูง ซึ่งการเปียกนี้มักจะมีแนวโน้มจับตัวกันเป็นก้อนแน่นโดยภายในยังคงมีผงอาหารที่แห้งอยู่ ทำให้น้ำซึมผ่านได้ลำบากและอัตราการดูดซับน้ำต่ำ ดังนั้นการเพิ่มขนาดอนุภาคโดยนำผงมารวมกันอย่างหลวมๆ (agglomeration) จะช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำผ่านช่องว่างระหว่างอนุภาคได้ดี ในขณะที่องค์ประกอบทางเคมี เช่น การมีไขมันที่ผิวของอนุภาคจะขัดขวางการดูดซับน้ำดังนั้นในการเติมสารบางอย่างเพื่อเพิ่มความสามารถในการกระจายตัว (surface active agent) เช่น เลซิทินซึ่งเป็นอิมัลซิไฟเออร์ทำให้เกิดการกระจายตัวในน้ำได้ดีขึ้น

2.7.2 ความสามารถในการจมตัว (sinkability) ความสามารถของผงในการจมลงไปในน้ำหลังจากผงเกิดการดูดซับน้ำบนพื้นผิวของอนุภาคและถูกกระทบโดยความหนาแน่นของอนุภาค ความสามารถในการจมตัวของอนุภาคในน้ำขึ้นกับขนาดและความหนาแน่นของอาหารผง โดยพบว่าขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่าและมีความหนาแน่นมากกว่าจะจมตัวอย่างรวดเร็วกว่าอนุภาคขนาดเล็กและเบา สำหรับอนุภาคที่มีอากาศภายในหรือมีโครงสร้างที่โปร่งจะมีความสามารถในการจมตัวได้ช้าหรือน้อยกว่า เนื่องจากอนุภาคมีความหนาแน่นและน้ำหนักที่เบาซึ่งจะลอยที่ผิวน้ำ

2.7.3 ความสามารถในการกระจายตัว (dispersability) ความสามารถของผงในการกระจายตัวโดยไม่เกิดเป็นก้อน อาหารจะละลายในน้ำได้ดีจะต้องกระจายตัวในน้ำได้ดีด้วย อาหารที่จะกระจายตัวได้ขึ้นกับพื้นผิว (surface) และความหนาแน่น (bulk density) ของอนุภาค แต่ถ้าอาหารรวมกันเป็นก้อนใหญ่การกระจายตัวจะเกิดขึ้นน้อยลง

2.7.4 ความสามารถในการละลาย (solubility) อัตราการละลายหรือความสามารถในการละลายทั้งหมดขึ้นกับส่วนประกอบทางเคมี ขนาด รูปร่าง ความหนาแน่นของอนุภาคและสถานะทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิในการละลายนมผงกระจายตัวในน้ำและเกิดการละลายขึ้นในกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงซึ่งทำให้โปรตีนเสียสภาพจะส่งผลให้ผงมีความสามารถในละลายน้ำต่ำลง (Baldwin and Pearce, 2005)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โปรดปราน ทาศิริ (2558) ได้ศึกษาผลของขนาดอนุภาคแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัสของเยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ การศึกษานี้ใช้เยลลี่สูตรที่ใช้กะทิธัญพืชมีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด เป็นสูตรควบคุม แล้วแปรขนาดอนุภาคแป้งข้าว เท่ากับ 80 100 และ 120 เมช พบว่าเมื่อขนาดอนุภาคแป้งข้าวเล็กลงไม่มีผลต่อค่าสีของ เยลลี่ ($p>0.05$) และพบว่าเยลลี่ที่ใช้แป้งข้าวขนาด 80 เมช มีค่าความแข็ง ความเกาะติดกัน และความเหนียวติด สูงที่สุด

($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อขนาดอนุภาคแป้งข้าวลดลง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ORAC และ FRAP ของเยลลี่มีค่าสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) แต่ขนาดอนุภาคแป้งข้าวไม่มีผลต่อคะแนน ความหวาน ความสาก สี กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวม ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัส โดยแป้งข้าวขนาด 80 เมช ทำให้เยลลี่มีคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัสพอดี

สุรีย์ แถวเที่ยง (2552) ได้ศึกษาการทำน้ำนมถั่วเหลือง วิธีสกัดน้ำแครอท อัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอท ปริมาณน้ำตาลทราย ที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท ศึกษาอายุการเก็บรักษา และการยอมรับผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภค โดยศึกษาคุณภาพทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี คุณภาพทางประสาทสัมผัสและปริมาณจุลินทรีย์ ผลการวิจัยสรุปว่าน้ำนมถั่วเหลืองที่เหมาะสมใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ใช้ในขั้นตอนการสกัดน้ำนมถั่วเหลืองเท่ากับ 1:4 (โดยน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง) วิธีการลวกแครอทก่อนนำไปสกัดน้ำแครอทให้ผลิตที่ร้อยละ 70:31 ใน 100 กรัม มีเบต้าแคโรทีน 4,580 ไมโครกรัม ซึ่งสูงกว่าการสกัดสด อัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอทที่ 70:30 และปริมาณน้ำตายร้อยละ 5 โดยน้ำหนักเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีค่าความสว่าง (L*) ความเป็นสีแดง (a*) ความเป็นสีเหลือง (b*) เท่ากับ 66.79 25.24 และ 39.25 ความเข้มข้นหนืด 17.33 เซนติพอยด์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 11.67 องศาบริกซ์ และความเป็นกรด-ด่าง 6.25 คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเป็น 7.98 8.00 และ 8.05 ซึ่งหมายความว่าด้านสีและเนื้อสัมผัสได้รับคะแนนปานกลาง ด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสชอบมาก

ธนิตชัย ปรัชญาถาวรกุล (2552) ศึกษาผลของอุณหภูมิลมเข้า (inlet temperature) ของการทำแห้งแบบ พ่นฝอยสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina platensis*) ต่อปริมาณซี-ไฟโคไซยานิน (C-phycocyanin) และสมบัติการต้านออกซิเดชัน นอกจากนั้นยังศึกษาผลของการห่อหุ้มสาหร่ายเกลียวทองด้วยมอลโตเดกซ์ตรินต่อความคงตัวของสารซี-ไฟโคไซยานินและสมบัติการต้านออกซิเดชัน รวมทั้งศึกษาการห่อหุ้มสารสกัดซี-ไฟโคไซยานินด้วยเทคนิคมัลติเพิลอิมัลชันแบบน้ำในน้ำมันในน้ำ (water-in-oil-in-water emulsion,W/O/W) จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิลมเข้าของการทำแห้งแบบพ่นฝอยในช่วงอุณหภูมิ 160-200 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อปริมาณซี-ไฟโคไซยานิน และสมบัติการต้านออกซิเดชันของสาหร่ายเกลียวทอง ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามการใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 200 องศาเซลเซียส มีผลทำให้สูญเสียโปรตีนมากกว่าที่อุณหภูมิอื่น ($p \leq 0.05$)

สันติชัย สิริวัชโรดม และคณะ (2552) ได้ศึกษาความคงตัวของผงผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาด้วย อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ทาการศึกษา ได้แก่ 130 150 และ 170 °C โดยใช้ความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ตริน (สารพยุง) เท่ากับ 30% การทดลองพบว่าอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีอิทธิพลต่อ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ความชื้นและปริมาณเบต้าไซยานินอย่างมีนัยสาคัญ ($p<0.05$) และพบว่าอุณหภูมิเท่ากับ 170 °C ทาให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดคือ มีปริมาณความชื้นต่าที่สุดเท่ากับ 3.39% ปริมาณเบต้าไซยานินสูงที่สุดเท่ากับ 102.67 มิลลิกรัม/กรัม ทั้งนี้พบว่าอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าในช่วงที่ทาการศึกษาไม่มีผลอย่างมีนัยสาคัญต่อค่าสี ความสามารถในการละลายและขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์ มีความคงตัวสูงในระหว่างการเก็บรักษา โดยปริมาณเบต้าไซยานินและค่าสีไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสาคัญ

ไทรท์ ศรีโยธา (2546) ได้ศึกษาการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับการผลิตผงเกลือ โดยใช้ควบคุมอุณหภูมิในการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดที่มีการไหลของของไหลในทิศทางเดียวกัน (Co-current flow) โดยใช้น้ำเกลือธรรมชาติจากใต้ดินเป็นวัตถุดิบในการทดสอบ ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบคือ 130 140150 160 และ 170 องศาเซลเซียส ความเร็วของอากาศร้อนขาเข้าหออบแห้งคือ 8 8.5 9 9.5 และ10 เมตรต่อวินาที จากการทดสอบพบว่าชุดควบคุมอุณหภูมิสามารถควบคุมอุณหภูมิการทำงานของเครื่องอบแห้งได้เป็นอย่างดี ซึ่งใช้เวลาโดยเฉลี่ยในการควบคุมอุณหภูมิให้มีค่าถูกต้อง อยู่ที่ 10 นาที มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 1-2 องศาเซลเซียส และเครื่องอบแห้งสามารถทำให้น้ำเกลือแห้งกลายเป็นผงได้โดยมีปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้อยู่ระหว่าง 1.0 - 2.5เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกลือบริโภคบริสุทธิ์ (มอก.2086-2544) ชั้นคุณภาพที่หนึ่งมีความชื้นไม่เกิน3 เปอร์เซ็นต์

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

3.1.1 ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (ตำบลบางขันหมาก อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี, ประเทศไทย)

3.1.2 น้ำตาลทราย (ตราลิน, กลุ่มน้ำตาลทรายรุ่งเรือง, ประเทศไทย)

3.1.3 ถั่วเหลือง (ตราไร่ทิพย์, บริษัท ไทยซีเรียลส์เวิลด์ จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.4 มอลโทเดกซ์ทริน DE 10 (Zhucheng Dongxiao Biotechnology CO.,LTD, ประเทศจีน)

3.1.5 น้ำ

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์และเครื่องมือในการผลิต

3.2.1 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray dry; ยี่ห้อ Labplant UK, รุ่น SD-06 basis, ประเทศไทย)

3.2.2 เครื่องปั่นผสม (blender; ยี่ห้อ Sharp, รุ่น EM-Ice power, ประเทศไทย)

3.2.3 ตู้เย็น (refrigerator, ยี่ห้อ Snowland, รุ่น WTK 2000 FF, ประเทศไทย)

3.2.4 ตู้แช่ (cool sanyo, ยี่ห้อ Sanyo, รุ่น SF–C1497, ประเทศไทย)

3.2.5 อุปกรณ์เครื่องครัว

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์

3.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ทางด้านเคมี

1) เครื่องวัดความชื้น (moisture analyzer; ยี่ห้อ Ohaus, รุ่น MB45, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

2) เครื่องชั่งละเอียด (analytical balance; ยี่ห้อ Mettler toledo, รุ่น K5SS, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3) เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter; ยี่ห้อ EUHECH, รุ่น pH 510, ประเทศสิงคโปร์)

4) ช้อนตักสาร (spatula)

5) ชุดอุปกรณ์เครื่องแก้ว

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3.3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ

1) เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity meter; ยี่ห้อ Aqualab, รุ่น 4TE, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

2) เครื่องวัดความหนืด (viscometer; ยี่ห้อ Brookfield viscometer, รุ่น LV DV- II + Pro Extra, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3) เครื่องวัดสีระบบ CIE L*a*b* (color measure quality; ยี่ห้อ Hunter lab, รุ่น Color Flex EZ, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

4) เครื่องวัดความหวาน (pocket refractometer; ยี่ห้อ Atago, รุ่น PAL- α , ประเทศญี่ปุ่น)

5) เครื่องชั่งละเอียด (analytical balance; ยี่ห้อ Mettle, รุ่น K5SS, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

6) เครื่องหมุนเหวี่ยง (hettich zentrifugen; ยี่ห้อ Universal 32 รุ่น D- 78532 Tuttlingen, ประเทศเยอรมัน)

7) เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer)

8) ตู้อบลมร้อน (hot air oven; ยี่ห้อJSR รุ่น JSOF-100, ประเทศเกาหลี)

9) ตะแกรงร่อนขนาดอนุภาคผง (particle size sieve; ยี่ห้อEndecotts Limited รุ่น 230 50 Hz 80VA, ประเทศอังกฤษ)

10) พิคาโนมิเตอร์ (pycnometer)

3.4 เครื่องมือในการประมวลผลงานวิจัย

3.4.1 เครื่องคอมพิวเตอร์

3.4.2 โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel 2010

3.4.3 โปรแกรมประมวลผลทางสถิติสำเร็จรูป Matlab R2012b

3.4.4 โปรแกรมประมวลผลทางสถิติสำเร็จรูป SPSS

3.5 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย

เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยประกอบไปด้วยห้องทำแห้ง (spray dry) มีลักษณะเป็นทรงกระบอกสูง และเป็นส่วนที่จะมีการถ่ายเทความร้อนกับละอองของสารละลายที่ฉีดผ่านหัวพ่นทำด้วยโลหะปลอดสนิมสแตนเลส แบบ two fluid nozzle ซึ่งด้านในท่อจะเป็นสองชั้นสำหรับใช้อัดอากาศเข้าไป ทำให้การทำงานของหัวพ่นมีความสมบูรณ์ขึ้นทำงานได้ดีขึ้น ทำให้สามารถใช้กับสารละลายตัวอย่างที่มีความหนืดได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

1) ติดตั้งส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยก่อนเปิดเมนสวิตซ์

2) เตรียมวัตถุดิบน้ำนมข้าวโพดผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่และสารเจือปนอาหารและควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส

3) ปรับอุณหภูมิลมร้อนและอัตราการไหล จนกระทั่งอุณหภูมิคงที่

4) เริ่มต้นทดลองด้วยการปั๊มน้ำเปล่าเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยจนกระทั่งอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งคงที่

5) เมื่ออุณหภูมิภายในห้องอบแห้งคงที่จึงเริ่มป้อนวัตถุดิบน้ำนมข้าวโพดผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เตรียมไว้เข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย

6) ในขณะการทำแห้งสังเกตการณ์ทำงานของปั๊มลมที่ส่งไปกระแทกผนังของห้องอบเป็นระยะต่อเนื่อง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสะสมของผลิตภัณฑ์ผงบริเวณผนังห้องอบแห้ง

3.6 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.6.1 การเตรียมนมถั่วเหลือง

เตรียมจากถั่วเหลืองผ่าซีกกะเทาะเปลือก โดยนำมาชั่งน้ำหนัก 500 กรัม และนำไปล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง กรองด้วยกระชอนให้สะเด็ดน้ำ แช่ถั่วเหลืองในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองแห้ง : น้ำ เท่ากับ 1:3 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เทน้ำทิ้งและชั่งน้ำหนัก ทำการสกัดโปรตีนจากถั่วเหลือง โดยบดถั่วเหลืองในน้ำอุ่นอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่ระดับถั่วเหลือง : น้ำ ในอัตราส่วน 1:4 โดยน้ำหนักแห้งของถั่วเหลือง กรองแยกกากถั่วเหลืองที่บดละเอียด ด้วยผ้าขาวบาง ต้มนมถั่วเหลืองดิบ โดยใช้อุณหภูมิ 96 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ดังรูปที่ 3.1

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ชั่งน้ำหนักถั่วเหลืองผ่าซีกกะเทาะเปลือก 500 กรัม

⇩

ล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง กรองด้วยกระชอนให้สะเด็ดน้ำ

⇩

แช่ถั่วเหลืองในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองแห้ง : น้ำ เท่ากับ 1:3 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เทน้ำทิ้งและชั่งน้ำหนัก

⇩

สกัดโปรตีนจากถั่วเหลือง โดยบดถั่วเหลืองในน้ำอุ่นอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่ระดับถั่วเหลือง : น้ำ ในอัตราส่วน 1:4 โดยน้ำหนักแห้งของถั่วเหลือง

⇩

กรองแยกกากถั่วเหลืองที่บดละเอียด ด้วยผ้าขาวบาง

⇩

ต้มนมถั่วเหลืองดิบ โดยใช้อุณหภูมิ 96 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

ลดอุณหภูมิลงที่ 37 องศาเซลเซียส

⇩

นมถั่วเหลือง

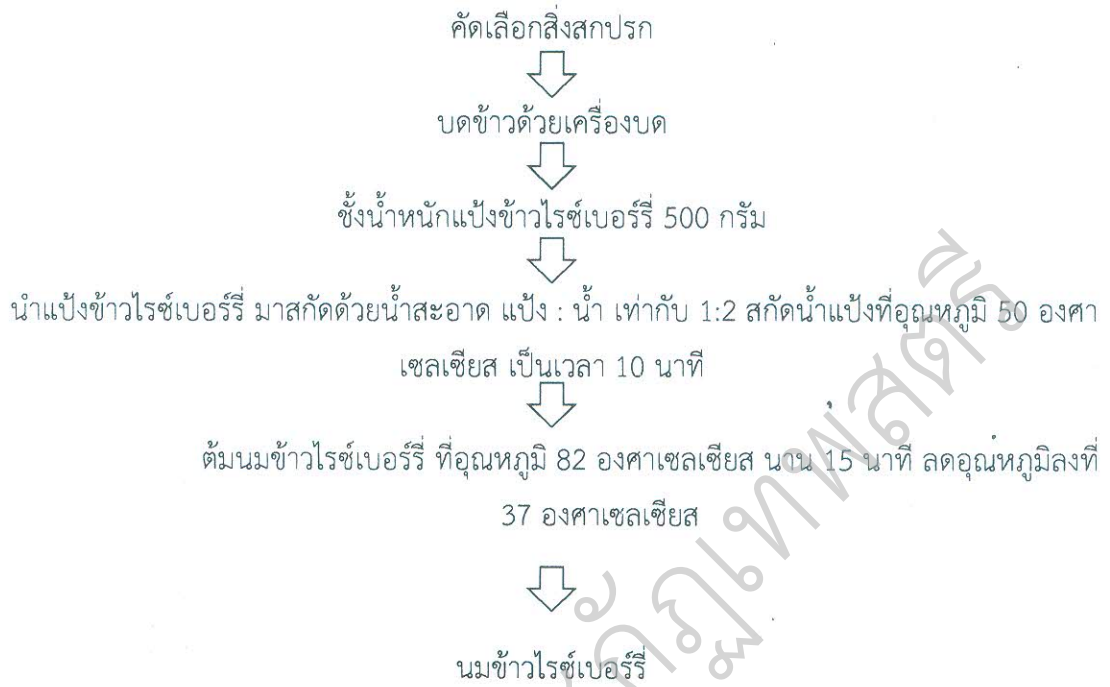
รูปที่ 3.1 การเตรียมนมถั่วเหลือง

ที่มา: สถาบันวิจัยโภชนาการ (2546)

3.6.2 การเตรียมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่

นำข้าวไรซ์เบอร์รี่มาคัดเลือกสิ่งสกปรก บดด้วยเครื่องบด (polymix ยี่ห้อ Kinematica, รุ่น System PX-MFC 90 D, ประเทศสหรัฐอเมริกา) ร่อนแป้งด้วยเครื่องร่อนแป้งเบอร์ 100 จากนั้นชั่งน้ำหนักแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 500 กรัม นำแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ มาสกัดด้วยน้ำสะอาด แป้ง : น้ำ เท่ากับ 1:2 สกัดน้ำแป้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จะได้นมข้าวไรซ์เบอร์รี่ จากนั้นต้มนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่อุณหภูมิ 82 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ลดอุณหภูมิลงที่ 37 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 3.2

มหาวิทยาลัยรามคำแหง



รูปที่ 3.2 การเตรียมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่

ที่มา: จุฑามาศ ถิระสาโรช (2547)

3.6.3 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของนมถั่วเหลืองและนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ในนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่

นำนมถั่วเหลืองและนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ จากการเตรียม มาผสมกันในอัตราส่วนของนมถั่วเหลืองต่อข้าวไรซ์เบอร์รี่ เท่ากับ 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 โดยน้ำหนัก ตามวิธีแสดงดังรูปที่ 3.3

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ต้มนมถั่วเหลืองดิบ 96 องศาเซลเซียส 15 นาที

⇩

เติมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ ตามอัตราส่วนของนมถั่วเหลืองต่อข้าวไรซ์เบอร์รี่

เท่ากับ 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 โดยน้ำหนัก

⇩

ต้มที่ 96 องศาเซลเซียส 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ช้อนฟองออก

⇩

นมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่

รูปที่ 3.3 การเตรียมนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่

ที่มา: ดัดแปลงจากสถาบันวิจัยโภชนาการ (2546)

นำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ไปวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

1. คุณสมบัติทางด้านกายภาพ ได้แก่

1.1 ค่าสีระบบ CIE L*a*b* (โดยใช้เครื่องวัดสี color measure quality)

1.2 ความหนืด (โดยใช้เครื่อง viscometer)

1.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids; TSS) (โดยเครื่อง Refactometer)

2. คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้วิธีการให้คะแนน ความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) (ไพโรจน์, 2547) ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน คุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม และคัดเลือกนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีลักษณที่ดีเพื่อนำไปพัฒนาในตอนต่อไป

3.6.4 การศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

นำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ทจากการคัดเลือกจากการทดลองตอนที่แล้ว มาเติมน้ำตาลทรายที่ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก และนำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ไปไปวิเคราะห์คุณภาพคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้วิธีการให้คะแนน ความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) (ไพโรจน์, 2547) ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน คุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม นำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับมากที่สุด

3.6.5 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยและการตรวจสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

การศึกษาปัจจัยด้านอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อน เริ่มจากการผลิตนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ได้ดังรูปที่ 10 โดย ทำการเติมมอลโทเดกซ์ทริน ที่ระดับร้อยละ 15 เมื่อนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่และมอลโทเดกซ์ทรินละลายรวมกันดีแล้ว นำนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เตรียมไว้เทลงในถังเก็บวัตถุดิบ จากนั้นทำ การพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 180, 200 และ220 องศาเซลเซียสและอัตราการป้อน 10, 15 และ 20 RPM โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial experiment in CRD โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry; ยี่ห้อ Labplant UK,รุ่น SD-06 basis, ประเทศไทย)

นำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ดังต่อไปนี้

1. ความชื้น (moisture) (โดยใช้เครื่องวัดความชื้น moisture analyzer)
2. ค่าสีระบบ CIE L*a*b* (โดยใช้เครื่องวัดสี color measure quality)
3. ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) (โดยใช้เครื่อง water activity meter
4. ดัชนีการละลาย (water solubility index) (Anderon, et al. 1969)
5. ดัชนีการดูดซับน้ำ (water absorption index) (iradei, 1980)
6. ขนาดอนุภาค (วิธีของ AL Kahtani และ Hassan ,1990)
7. ความหนาแน่นอนุภาค (ดัดแปลงจากวิธีของ AL Kahtani และ Hassan ,1990)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เป็นการออกแบบสามระดับสำหรับฟิตพื้นผิวผลตอบ การออกแบบนี้ถูกสร้างขึ้นจากการรวมการออกแบบแฟกทอเรียล 2k กับการออกแบบบล็อกไม่สมบูรณ์ ผลของการออกแบบมีประสิทธิภาพในด้านจำนวนของการรันที่ต้องการ และการออกแบบนี้ยังมีความสามารถในการหมุนหรือเกือบหมุนได้อีกด้วย การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติถูกนำมาใช้เพื่อการหาคำตอบของสมการการทดลองที่ประกอบด้วยจำนวนปัจจัยร่วมการทดลองหลายปัจจัย โดยใช้การวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง (response surface analysis, RSA) และอาศัยสมการโพลีโนเมียลอันดับสอง (second-order polynomial) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ใช้ในการทำแห้ง (องศาเซลเซียส) (X_1), ปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน (X_2) และอุัตราการป้อน (X_3) และคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ผง ได้แก่ ปริมาณความชื้น, ดัชนีการดูดซับน้ำ, ดัชนีการละลาย, ปริมาณน้ำอิสระ ,ค่าสี, ขนาดอนุภาค, ความหนาแน่นอนุภาคและปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_{11}X_1^2 + a_{22}X_2^2 + a_{12}X_1X_2$$

โดย Y คือ ตัวแปรตาม

X_1 คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า

X_2 คือ อัตราการป้อน

a_0 คือ ค่าคงที่

a_i คือ เป็นผลเชิงเส้นตรง (Linear effect) ของ x_i ,

a_{ii} คือ เป็นผลเชิงเส้นโค้ง (Quadratic effect) ของ x_i

a_{ij} คือ เป็นผลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction effect) ของ x_i และ x_j

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของนมถั่วเหลืองและนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่

นำนมถั่วเหลืองและนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยทำการเตรียมมาผสมกันในอัตราส่วนของนมถั่วเหลืองต่อนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ เท่ากับ 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 โดยนำน้ำหนัก นำนมถั่วเหลืองผสมนม ข้าวไรซ์เบอร์รี่ มาศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและคุณภาพด้านประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพจากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของนมถั่วเหลืองและนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนนมถั่วเหลือง : นมข้าวไรซ์เบอร์รี่	ค่าสี			ความหนืด (cP)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix)
		L*	a*	b*		
1	80:20	67.88^{a}±0.24	2.75^{c}±0.03	10.18^{a}±0.05	5.50^{d}±0.02	3.47^{d}±0.05
2	60:40	57.96^{a}±2.66	4.10^{b}±0.07	7.10^{a}±0.29	7.43^{c}±0.01	2.47^{c}±0.05
3	40:60	47.63^{a}±2.27	6.11^{a}±0.35	5.49^{b}±0.46	10.27^{b}±0.01	1.93^{b}±0.05
4	20:80	34.65^{b}±1.03	8.11^{a}±0.64	4.60^{b}±0.56	22.1^{a}±0.16	1.10^{a}±0.08

หมายเหตุ : ข้อมูลในตารางแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a-d ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่าสี L* หมายถึง ค่าความสว่าง (0 คือ มืด –100, คือ สว่าง)

a* หมายถึง ค่าสีแดงและสีเขียว (+a คือ สีแดง, -a คือ สีเขียว)

b* หมายถึง ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (+b คือ สีเหลือง, -b คือ สีน้ำเงิน)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่า

ค่าความสว่าง (L*) ของนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ มีค่าอยู่ในช่วง 34.65-67.88 โดยสิ่งทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 4 พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 มีค่าความสว่างมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 67.88±0.24 และสิ่งทดลองที่ 4 มีค่าความสว่างน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 34.65±1.03 เมื่อปริมาณนมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มขึ้นและปริมาณนมถั่วเหลืองลดลง ทำให้ค่าความสว่างมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุรีย์ แถวเที่ยง (2552) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลือง ซึ่งพบว่าเมื่อปริมาณนมถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์ลดลง ทำให้มีค่าความสว่าง (L*) ในนมถั่วเหลืองลดลง

ค่าสีแดงและสีเขียว (a*) ของนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ทุกอัตราส่วน มีค่าอยู่ในช่วง 2.75-8.11 โดยสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 พบว่า สิ่งทดลองที่ 4 มีค่าสีแดงและสีเขียวมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 8.11±0.64 และสิ่งทดลองที่ 1 มีค่าสีแดงและสีเขียวน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 2.75±0.03 พบว่าเมื่อเติมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มมากขึ้น ค่า a* มีค่าเพิ่มมากขึ้น

ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (b*) ของนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ทุกอัตราส่วน มีค่าอยู่ในช่วง 4.60-10.18 โดยสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 มีค่าสีเหลืองและสีน้ำเงินมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 10.18±0.05 และสิ่งทดลองที่ 4 มีค่าน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 4.60±0.56 โดยนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เติมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มขึ้นทำให้ค่า b* ลดลง

ค่าความหนืดของนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ทุกสิ่งทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 5.50-22.1 เซนติพอยด์ โดยทุกสิ่งทดลอง มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) พบว่า สิ่งทดลองที่ 4 มีค่าความหนืดมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 22.1±0.16 เซนติพอยด์ และสิ่งทดลองที่ 1 มีค่าความหนืดน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 5.50±0.02 เซนติพอยด์ ซึ่งนมข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าความหนืดสูง (38.66±0.34 เซนติพอยด์) ดังนั้นเมื่อเติมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่มากขึ้นทำให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์ มีค่าเพิ่มขึ้น

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ทุกสิ่งทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 1.10-3.47 องศาบริกซ์ โดยทุกสิ่งทดลอง มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.47±0.05 องศาบริกซ์ และสิ่งทดลองที่ 4 มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.10±0.08

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

องศาบริกซ์ ซึ่งนมข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำ (0.97±0.47 องศาบริกซ์) ดังนั้นเมื่อเติมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่มากขึ้นทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของนมถั่วเหลืองและนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่

สิ่งทดลอง	อัตราส่วน	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (คะแนน)				
		สีของผลิตภัณฑ์	กลิ่นข้าวไรซ์เบอร์รี่^{ns}	กลิ่นถั่วเหลือง^{ns}	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	80:20	7.07^{a}±1.59	5.37±1.85	6.17±1.66	5.77^{a}±1.78	6.10^{a}±1.76
2	60:40	6.90^{ab}±1.70	5.53±1.89	6.10±1.78	5.90^{a}±1.78	6.27^{a}±1.48
3	40:60	6.30^{ab}±1.83	5.77±2.04	5.33±1.87	5.47^{ab}±1.84	5.63^{ab}±1.52
4	20:80	6.06^{b}±1.89	5.93±2.17	5.33±1.99	4.70^{b}±2.04	5.20^{b}±1.70

หมายเหตุ : ใช้การทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (1=ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบมาก, 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 5 = เฉยๆ, 6 = ชอบเล็กน้อย, 7 = ชอบปานกลาง, 8 = ชอบมาก, 9 = ชอบมากที่สุด)

a-c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns สิ่งทดลองในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของนมถั่วเหลืองและนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

คุณลักษณะด้านสีของนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 4 สิ่งทดลอง โดยสิ่งทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และสิ่งทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทุกสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านสีอยู่ในช่วง 6.06-7.07 คะแนน โดยสิ่งทดลองที่ 4 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสีมากที่สุดมีคะแนนเท่ากับ 7.07±1.59 คะแนน ซึ่งหมายถึง ชอบปานกลาง และสิ่งทดลองที่ 1 ผู้บริโภค ให้คะแนนความชอบด้านสีน้อยที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 6.06±1.89 คะแนน ซึ่งหมายถึง ชอบเล็กน้อย พบว่า เมื่อเติมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่มากขึ้นทำให้ความชอบด้านสีมีค่าลดลง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

คุณลักษณะด้านกลิ่นของข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีค่าไม่แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวไรซ์เบอร์รี่อยู่ในช่วง 5.37-5.93 คะแนน เนื่องจาก ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีกลิ่นเพียงเล็กน้อยเมื่อผสมกับนมถั่วเหลือง ทำให้ผู้บริโภคให้ความรู้สึกด้านกลิ่นของข้าวไรซ์เบอร์รี่ไม่แตกต่างกัน

คุณลักษณะด้านกลิ่นของถั่วเหลืองทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นของถั่วเหลือง อยู่ในช่วง 5.33-6.17 คะแนน

คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 4 สิ่งทดลอง โดยสิ่งทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) และสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทุกสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วง 4.70-5.90 คะแนน โดยสิ่งทดลองที่ 2 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 5.90±1.78 คะแนน ซึ่งหมายถึง เฉยๆ และสิ่งทดลองที่ 4 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสน้อยที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 4.70±2.04 คะแนน ซึ่งหมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย เนื่องจาก เติมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มทำให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ทำให้ความรู้สึกด้านเนื้อสัมผัสลดลง

คุณลักษณะด้านความชอบโดยรวมของนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 4 สิ่งทดลอง โดยสิ่งทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) มีคะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมอยู่ในช่วง 5.20-6.27 คะแนน โดยสิ่งทดลองที่ 2 ผู้บริโภคให้ความชอบด้านการยอมรับโดยรวมมากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 6.27±1.48 คะแนน ซึ่งหมายถึง ชอบเล็กน้อย และสิ่งทดลองที่ 4 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมน้อยที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 5.20±1.70 คะแนน ซึ่งหมายถึง เฉยๆ พบว่า เมื่อเติมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มขึ้นทำให้ความชอบโดยรวมลดลง เนื่องจากเมื่อเติมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มมากขึ้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีที่เข้มมากขึ้นและรสชาติจืดมากขึ้น

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าสิ่งทดลองที่ 3 มีคุณลักษณะที่เหมาะสมและผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุด โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1.93±0.05 องศาบริกซ์ ค่าสี L* a* และ b* มีค่าเท่ากับ 47.63±2.27, 6.11±0.35 และ 5.49±0.46 ตามลำดับ ค่าความหนืดเท่ากับ 10.27±0.01 เซนติพอยด์ และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ ได้แก่ สี กลิ่นข้าวไรซ์เบอร์รี่ กลิ่นถั่วเหลือง ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมีคะแนนทางประสาทสัมผัสเท่ากับ 6.30±1.83, 5.77±2.04, 65.33±1.87, 4.77±2.26, 5.47±1.84 และ 5.63±1.52 คะแนนตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิษณุโลก

จึงเลือกสิ่งทดลองที่ 3 คือ อัตราส่วน นมถั่วเหลืองต่อนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ เท่ากับ 40:60 เพื่อทำการศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อไป

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่

เตรียมนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีลักษณะที่ดี เติมน้ำตาลทราย ที่ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก นำนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวมของปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส จากการศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่

สิ่งทดลอง	น้ำตาลทราย (ร้อยละ)	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (คะแนน)			
		สีของผลิตภัณฑ์	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส^{ns}	ลักษณะเนื้อสัมผัส^{ns}
1	5	$7.17^{a}\pm1.08$	$6.40^{b}\pm1.30$	6.50 ± 1.20	$6.50^{b}\pm1.12$
2	10	$6.40^{b}\pm1.24$	$7.30^{a}\pm0.97$	7.00 ± 1.00	$7.50^{a}\pm0.99$
3	15	$6.20^{b}\pm1.30$	$6.47^{b}\pm1.26$	6.57 ± 1.12	$6.47^{b}\pm1.20$

หมายเหตุ : ใช้การทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (1=ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบมาก,3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 5 = เฉยๆ, 6 = ชอบเล็กน้อย, 7 = ชอบปานกลาง, 8 = ชอบมาก, 9 = ชอบมากที่สุด)

a-c หมายถึง ในแนวตั้งเดียวกันกำกับต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$)

ns หมายถึง สิ่งทดลองในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส จากการศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในการผลิตนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่า

คุณลักษณะด้านสีของนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีการเติมน้ำตาลทั้ง 3 ระดับ โดยสิ่งทดลองที่ 2 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 1 ทุกสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านสีอยู่ในช่วง 6.20-7.17 คะแนน โดยสิ่งทดลองที่ 1 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสีมากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 7.17 ± 1.08 คะแนน ซึ่งหมายถึง ชอบปานกลาง และสิ่งทดลองที่ 3 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสีน้อยที่สุด มีคะแนนเท่ากับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

6.20±1.30 คะแนน ซึ่งหมายถึง ชอบเล็กน้อย พบว่า เมื่อเติมน้ำตาลเพิ่มทำให้ความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง

คุณลักษณะด้านรสชาติของนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีการเติมน้ำตาลทั้ง 3 ระดับ โดยสิ่งทดลองที่ 1 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 2 ทุกสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านรสชาติอยู่ในช่วง 6.40-7.30 คะแนน โดยสิ่งทดลองที่ 2 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านรสชาติมากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 7.30±0.97 คะแนน ซึ่งหมายถึง ชอบปานกลาง และสิ่งทดลองที่ 1 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านรสชาติน้อยที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 6.40±1.30 คะแนน ซึ่งหมายถึง ชอบเล็กน้อย

คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีการเติมน้ำตาลทั้ง 3 ระดับ ทุกสิ่งทดลอง มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วง 6.50-7.00 คะแนน โดยสิ่งทดลองที่ 2 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 7.00±1.00 คะแนน ซึ่งหมายถึง ชอบปานกลาง และสิ่งทดลองที่ 1 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสน้อยที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 6.50±1.20 คะแนน ซึ่งหมายถึง ชอบเล็กน้อย

คุณลักษณะด้านการยอมรับโดยรวมของนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีการเติมน้ำตาลทั้ง 3 ระดับ โดยสิ่งทดลองที่ 1 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 2 ทุกสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวม อยู่ในช่วง 6.47-7.50 คะแนน โดยสิ่งทดลองที่2 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านการยอมรับ โดยรวมมากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 7.50±0.99 คะแนน ซึ่งหมายถึง ชอบปานกลาง และสิ่งทดลองที่ 3 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมน้อยที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 6.47±1.20 คะแนน ซึ่งหมายถึง ชอบเล็กน้อย

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าสิ่งทดลองที่ 2 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุด โดยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ ได้แก่ สี รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมีคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสเท่ากับ 6.40±1.24, 7.30±0.97, 7.00±1.00 และ 7.50±0.99 คะแนน ตามลำดับ จึงเลือกสิ่งทดลองที่ 2 ซึ่งนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่เติมน้ำตาลร้อยละ 10 เพื่อการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยและคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยและการตรวจสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

การทดลองทำแห้งแบบพ่นฝอย เริ่มต้นโดยการเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ และทำมาทำแห้งแบบพ่นฝอย ได้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ดังตารางที่ 4.4

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่งเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่สภาวะต่างๆ

สิ่งทดลองที่	อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (°C)	อัตราการป้อน (RPM)	ดัชนีการดูดซับน้ำ	ดัชนีการละลายน้ำ	ปริมาณความชื้น (%)	ความหนาแน่น (kg/m^3)	ปริมาณน้ำอิสระ	ขนาดอนุภาค	L*	a*	b*
1	180	10	0.88±0.062	91.48±0.16	5.92±0.031	0.036±0.001	0.31±0.045	0.71±0.025	77.23±0.078	3.56±0.090	6.21±0.035
2	180	15	0.96±0.010	92.64±0.11	6.08±0.036	0.036±0.001	0.33±0.060	0.3±0.036	76.47±0.167	4.12±0.035	6.59±0.22
3	180	20	1.65±0.153	93.39±0.06	6.23±0.045	0.035±0.001	0.42±0.040	0.31±0.045	80.47±0.161	4.15±0.078	6.26±0.045
4	200	10	1.26±0.056	90.59±0.28	4.69±0.056	0.038±0.001	0.33±0.038	0.31±0.055	83.50±0.170	3.40±0.026	6.45±0.108
5	200	15	1.45±0.021	91.57±0.20	4.78±0.050	0.037±0.001	0.36±0.047	0.38±0.070	82.13±0.111	3.93±0.046	6.33±0.110
6	200	20	1.45±0.02	93.11±0.60	4.94±0.031	0.036±0.001	0.41±0.040	0.46±0.087	78.17±0.174	3.35±0.178	5.78±0.387
7	220	10	1.013±0.049	86.44±0.12	3.48±0.050	0.035±0.001	0.52±0.046	0.46±0.061	78.58±0.282	3.05±0.178	8.66±0.115
8	220	15	1.11±0.02	86.92±0.3	3.68±0.071	0.039±0.001	0.59±0.041	0.65±0.105	79.01±0.274	3.91±0.064	9.86±0.085
9	220	20	1.23±0.026	87.78±0.13	3.96±0.061	0.037±0.001	0.47±0.040	0.34±0.044	81.31±0.370	3.98±0.132	9.29±0.078

หมายเหตุ: ข้อมูลในตารางแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

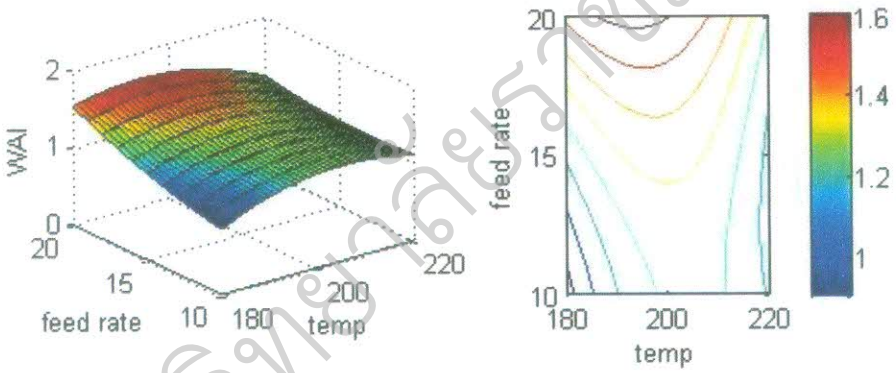
3.1 ผลการวิเคราะห์ดัชนีการดูดซับน้ำ

ดัชนีการดูดซับน้ำมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.88-1.65 โดยเมื่อนำผลการวิเคราะห์มาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างดัชนีการดูดซับน้ำกับ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (x_1) และอัตราการป้อน (x_2) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$WAI=-26.950+0.264x_1+0.226x_2-0.0006x_1^2+0.003x_2^2-0.001x_1x_2$$

$R^2 = 0.83$, S.E. = 0.16

จากการทดลองพบว่าลักษณะความสัมพันธ์ที่ได้ค่า R^2 อยู่ในเกณฑ์น่าเชื่อถือทางสถิติ จากรูป 4.1 พบว่าค่าดัชนีการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการป้อนมีค่าเพิ่มขึ้น และดัชนีการดูดซับน้ำมีค่าน้อยที่สุดเมื่ออุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีค่าประมาณ 180 องศาเซลเซียส โดยค่าดัชนีการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าสูงที่สุด เมื่ออัตราการป้อนมีค่า 20 รอบต่อนาทีและอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีค่าอยู่ในช่วง 180 -200 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการดูดซับน้ำกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

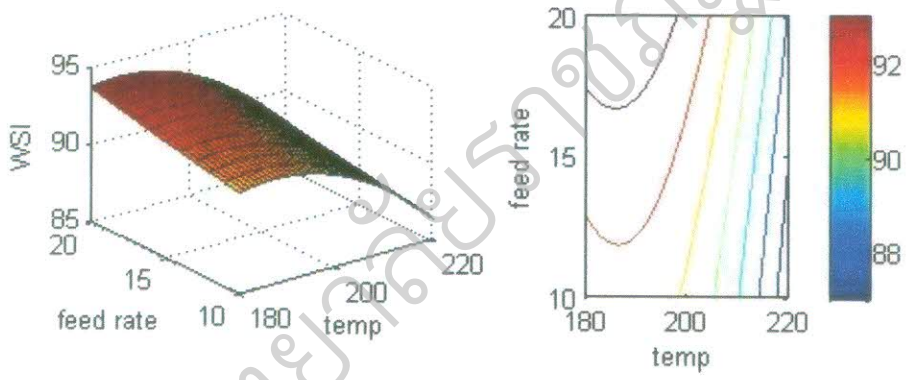
3.2 ผลการวิเคราะห์ดัชนีการละลาย

ดัชนีการละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 86.44-93.39 โดยเมื่อนำผลการวิเคราะห์มาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างดัชนีการละลายน้ำกับ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (x_1) และอัตราการป้อน (x_2) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$WSI = -85.5081 + 1.8662x_1 + 0.3722x_2 - 0.0050x_1^2 + 0.0036x_2^2 - 0.0014x_1x_2$$

R^2 = 0.99, S.E. = 0.32

จากการทดลองพบว่าลักษณะความสัมพันธ์ที่ได้ค่า R^2 อยู่ในเกณฑ์น่าเชื่อถือทางสถิติ จากรูป 4.2 พบว่าค่าดัชนีการละลายน้ำของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการป้อนมีค่าเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีค่าลดลง โดยค่าดัชนีการละลายผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าสูงที่สุด เมื่ออัตราการป้อนมีค่า 20 รอบต่อนาที และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีค่า 180 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการละลายน้ำกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

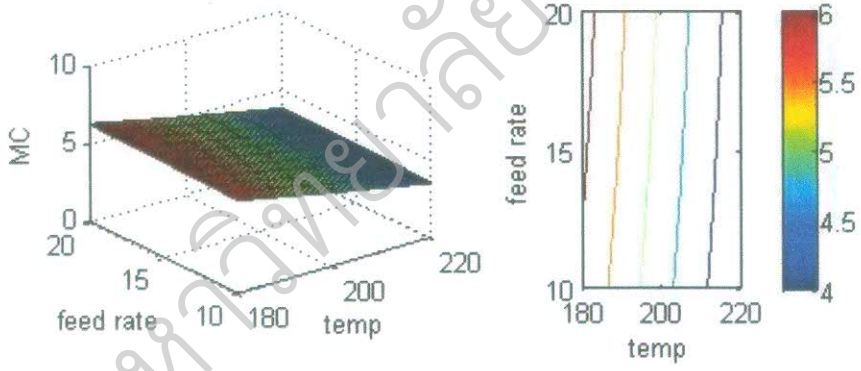
3.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 3.48-6.23 โดยเมื่อนำผลการวิเคราะห์มาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างปริมาณความชื้นกับ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (x_1) และอัตราการป้อน (x_2) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$MC = 26.5930 + 0.1559x_1 + 0.0756x_2 + 0.0002x_1^2 + 0.0009x_2^2 + 0.0004x_1x_2$$

R^2 = 0.99, S.E. = 0.057

จากการทดลองพบว่าลักษณะความสัมพันธ์ที่ได้ค่า R^2 อยู่ในเกณฑ์น่าเชื่อถือทางสถิติ จากรูป 4.3 พบว่าค่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง เมื่ออัตราการป้อนและอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีค่าลดลง โดยผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่มีความชื้นต่ำที่สุดเมื่ออัตราการป้อนมีค่า 10 รอบต่อนาที และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีค่า 220 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ ซึ่งเมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้น พบว่า เมื่ออุณหภูมิลมร้อนขาเข้าสูงขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

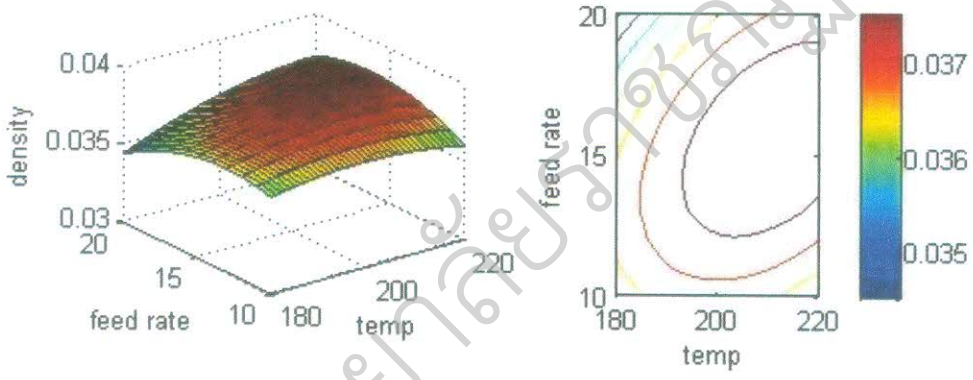
3.4 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่น

ปริมาณความชื้นมีค่าอยู่ในช่วง 0.035-0.039 kg/m^3 โดยเมื่อนำผลการวิเคราะห์มาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างความหนาแน่นกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (x_1) และอัตราการป้อน (x_2) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\text{Density} = -0.0217 + 0.0006x_1 + 0.0003x_2 - \left(1.67\times10^{-6}\right)x_1^2 - \left(4\times10^{-5}\right)x_2^2 - \left(7.50\times10^{-6}\right)x_1x_2$$

R^2 = 0.54, S.E. = 0.00098

จากการทดลองพบว่าลักษณะความสัมพันธ์ที่ได้ค่า R^2 มีค่าน้อย อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและอัตราการป้อนไม่ส่งผลกระทบต่อความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ จากรูป 4.4 พบว่าค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการป้อนมีค่าลดลง



รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

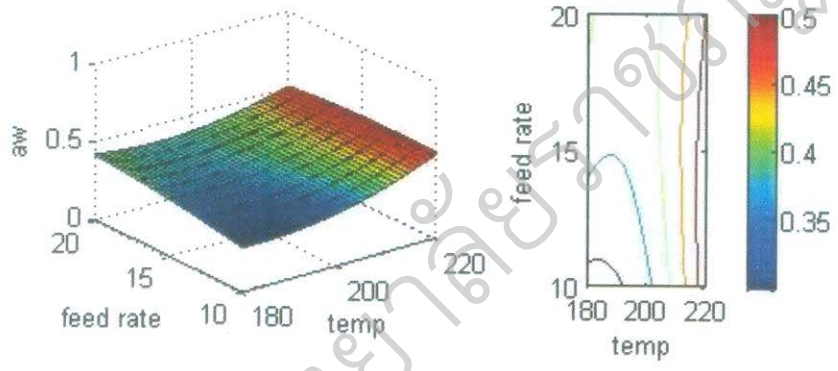
3.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ

ปริมาณน้ำอิสระมีค่าอยู่ในช่วง 0.31-0.59 โดยเมื่อนำผลการวิเคราะห์มาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (x_1) และอัตราการป้อน (x_2) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$a_w = 5.4822 - 0.063220x_1 + 0.0993x_2 + 0.0002x_1^2 - 0.0006x_2^2 - 0.0004x_1x_2$$

R^2 = 0.76, S.E. = 0.053

จากการทดลองพบว่าลักษณะความสัมพันธ์ที่ได้ค่า R^2 อยู่ในเกณฑ์น่าเชื่อถือทางสถิติ จากรูป 4.5 พบว่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง เมื่ออัตราการป้อนมีค่าลดลง และอุณหภูมิมีค่าลดลง โดยปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าต่ำที่สุด เมื่ออัตราการป้อนมีค่าประมาณ 10 รอบต่อนาที และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีค่าประมาณ 180 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

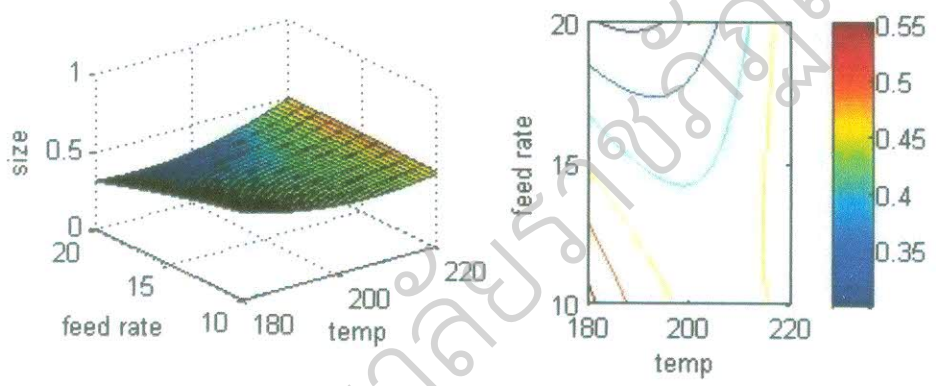
3.6 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาค

ขนาดอนุภาคมีค่าอยู่ในช่วง 0.30-0.71 โดยเมื่อนำผลการวิเคราะห์มาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างขนาดอนุภาคกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (x_1) และอัตราการป้อน (x_2) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$size = 10.4106 - 0.0896x_1 + 0.1421x_2 + 0.0002x_1^2 - 0.0004x_2^2 + 0.0007x_1x_2$$

R^2 = 0.28, S.E. = 0.146

จากการทดลองพบว่าลักษณะความสัมพันธ์ที่ได้ค่า R^2 อยู่ในเกณฑ์น่าเชื่อถือทางสถิติ จากรูป 4.6 พบว่าขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการป้อนและอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีค่าลดลง โดยขนาดอนุภาคมีขนาดใหญ่ที่สุด เมื่ออัตราการป้อนมีค่าเท่ากับ 10 รอบต่อนาที และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีค่า 180 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

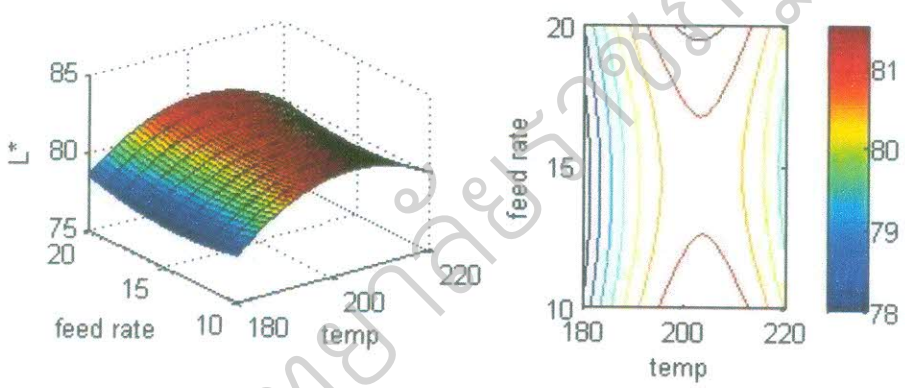
3.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่าง

ค่าความสว่างมีค่าอยู่ในช่วง 76.47-83.50 โดยเมื่อนำผลการวิเคราะห์มาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างขนาดอนุภาคกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (x_1) และอัตราการป้อน (x_2) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$L^* = -167.476 + 2.482x_1 - 0.532x_2 - 0.0061x_1^2 + 0.027x_2^2 - 0.0013x_1x_2$$

R^2 = 0.37, S.E. = 1.99

จากการทดลองพบว่าลักษณะความสัมพันธ์ที่ได้ค่า R^2 อยู่มีค่าน้อยซึ่งอาจเกิดได้อาจปัจจัยที่ศึกษาส่งผลต่อค่าความสว่างน้อย จากรูป 4.7 พบว่าค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มีค่ามากที่สุดในช่วงอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า ประมาณ 200 องศาเซลเซียส และจะมีค่าน้อยเมื่ออุณหภูมิลมร้อนขาเข้า มีค่าประมาณ 180 และ 200 องศาเซลเซียส และอัตราการป้อนไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง



รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่างกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

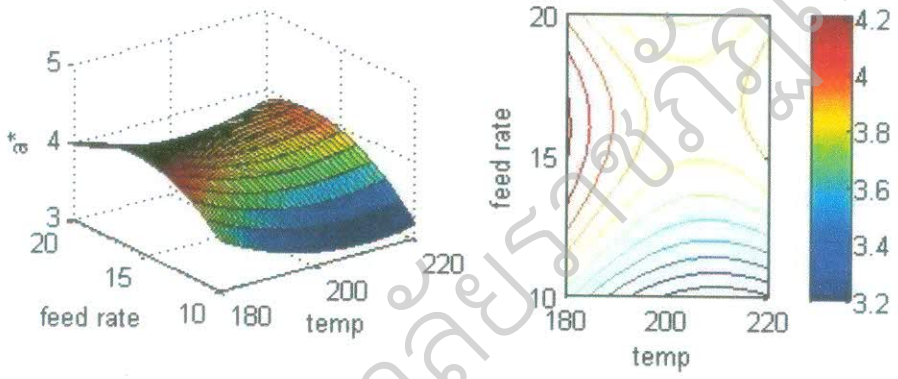
3.8 ผลการวิเคราะห์ค่าสีแดงและสีเขียว

ค่าสีแดงและสีเขียวมีค่าอยู่ในช่วง 3.05-4.15 โดยเมื่อนำผลการวิเคราะห์มาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างค่าสีแดงและสีเขียวกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (x_1) และอัตราการป้อน (x_2) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$a^* = 26.7537 - 0.253x_1 + 0.3677x_2 + 0.0006x_1^2 - 0.0163x_2^2 - 0.0009x_1x_2$$

R^2 = 0.76, S.E. = 0.21

จากการทดลองพบว่าลักษณะความสัมพันธ์ที่ได้ค่า R^2 อยู่ในเกณฑ์น่าเชื่อถือทางสถิติ จากรูป 4.8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะมาความจะมีความเป็นสีแดงลดลง และเมื่ออัตราการป้อนเพิ่มขึ้นจะทำให้มีค่าสีแดงลดลง



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดงและสีเขียวกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

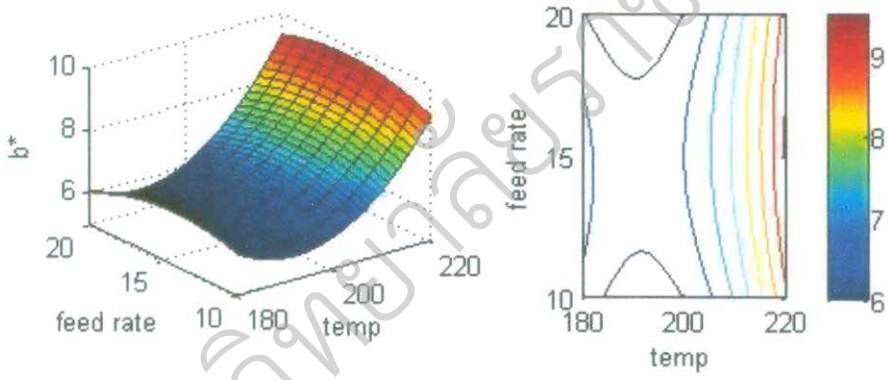
3.9 ผลการวิเคราะห์ค่าสีเหลืองและน้ำเงิน

ค่าสีเหลืองและน้ำเงินมีค่าอยู่ในช่วง 3.05-4.15 โดยเมื่อนำผลการวิเคราะห์มาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างค่าสีเหลืองและน้ำเงินกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (x_1) และอัตราการป้อน (x_2) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$b^* = 154.2194 - 1.5720x_1 + 0.2923x_2 + 0.0041x_1^2 + 0.0193x_2^2 + 0.0014x_1x_2$$

R^2 = 0.76, S.E. = 0.21

จากการทดลองพบว่าลักษณะความสัมพันธ์ที่ได้ค่า R^2 อยู่ในเกณฑ์น่าเชื่อถือทางสถิติ จากรูป 4.9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะมีค่าเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น และค่าความเป็นสีเหลืองของผลิตภัณฑ์จะมีค่ามากที่สุดเมื่ออุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีค่า 220 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีเหลืองและน้ำเงินกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราการป้อนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3.10 ผลการวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสม (optimum condition)

ผลการทดลองที่นำมาวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง (response surface analysis, RSA) และอาศัยสมการโพลีโนเมียลอันดับที่สอง (second-order polynomial) สามารถนำมาใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรที่ศึกษา เพื่อพิจารณาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงให้ได้ตามที่ต้องการ โดยเลือกเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

1) ปริมาณความชื้น น้อยกว่าร้อยละ 5 (กระทรวงสาธารณสุข, 2556)
2) ปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่า 0.5
3) ดัชนีการดูดซับน้ำ และดัชนีการละลาย มีค่าสูง
4) ขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์ มีขนาดเล็ก
5) ความหนาแน่น มีค่าต่ำ

และจากการพลอตกราฟที่คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยกรรมวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย ดังรูป 4.10 แสดงให้เห็นว่าในการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยกรรมวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์พิจารณาข้างต้น มีสภาวะที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 200 องศาเซลเซียส และอัตราการป้อน 20 RPM

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของนมถั่วเหลืองและนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ในนมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่าอัตราส่วนของนมถั่วเหลืองต่อนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ เท่ากับ 60 : 40 ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับมากที่สุด โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1.93±0.05 องศาบริกซ์ ค่าสี L* a* และ b* มีค่าเท่ากับ 47.63±2.27, 6.11±0.35 และ 5.49±0.46 ตามลำดับ ค่าความหนืดเท่ากับ 10.27±0.01 เซนติพอยด์ และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ ได้แก่ สี กลิ่นข้าวไรซ์เบอร์รี่ กลิ่นถั่วเหลือง ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม มีคะแนนเท่ากับ 6.30±1.83, 5.77±2.04, 65.33±1.87, 4.77±2.26, 5.47±1.84 และ 5.63±1.52 คะแนนตามลำดับ

5.1.3 การศึกษาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่า อัตราส่วนที่เติมน้ำตาลร้อยละ 10 ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับมากที่สุด โดยมี คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ ได้แก่ สี รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมีคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสเท่ากับ 6.40±1.24, 7.30±0.97, 7.00±1.00 และ 7.50±0.99 คะแนน ตามลำดับ

5.1.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง โดยวิธีพื้นผิวตอบสนอง พบว่า อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า เท่ากับ 200 องศาเซลเซียส อัตราการป้อน 20 RPM ทำให้ความชื้นอยู่ในช่วงมาตรฐาน คือไม่เกินร้อยละ 5 (กระทรวงสาธารณสุข, 2556) ดัชนีการดูดซับน้ำ ดัชนีการละลาย มีค่าสูง ขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์ มีขนาดเล็ก ค่าปริมาณน้ำอิสระและความหนาแน่นอนุภาคมีค่าต่ำ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง เช่น ร้อยละของสารช่วยทำแห้ง อุณหภูมิลมร้อนขาออก เป็นต้น

5.2.2 ควรมีการศึกษาผลกระทบของปัจจัยต่างๆร่วมกัน ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผสมนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงข

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

5.3 ปัญหาที่พบ

5.3.1 เกิดการอุดตันของหัวฉีด เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย เนื่องจากอาหารเหลวที่ป้อนเข้ามีความหนืดมากเกินไป

5.3.2 สำหรับขั้นตอนการทำแห้งน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง ต้องมีการควบคุมปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดก่อนเติมและหลังเติมมอลโทเดกซ์ทริน

5.3.3 สภาพแวดล้อมขณะทำการทดลองบางวันมีความชื้นสัมพันธ์ของอากาศไม่เท่ากัน จึงอาจส่งผลต่อความชื้นของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้

5.3.4 เกิดความชื้นในถังทำแห้ง ทำให้ผงเกาะติดถัง การล้างทำความสะอาดทำให้เกิดความยากและล่าช้า ในการทำสภาวะต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. (2547). **เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับถั่วเหลือง.** โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ

กระทรวงสาธารณสุข. (2543). **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 198 เรื่องน้ำนมถั่วเหลืองในภาชนะที่ปิดสนิท.** กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.

กองบรรณาธิการเกษตร. (2557). **ไรซ์เบอร์รี่ ข้าวหอมสายพันธุ์ใหม่ พลิกชีวิตชาวนาไทย.**

คัดคนางค์ ทองสุข. (2542). **ถั่วเหลืองอาหารเพื่อสุขภาพ.** 29 (มีนาคม) : 212-213.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, (2543). **ความรู้เกี่ยวกับนมถั่วเหลือง.** สืบค้น มิถุนายน 19, 2559, จาก http://digi.library.tu.ac.th/thesis/it/0489/03CHAPTER2.pdf.

โครงการข้าวไรซ์เบอร์รี่อินทรีย์. (2545). **ข้าวไรซ์เบอร์รี่.** สืบค้น มิถุนายน 6, 2559, จาก http://riceberryralley.org.

จินตนา ศรีผุย. (2537). **การศึกษาผลของสภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีผลต่อคุณภาพสารชีวภาพ.** กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหารสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จารนัย พณิชยกุล, วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, เพ็ญพร พงษ์พรรณเจริญ, รัตนันท์ พรรณนารุโณทัย, นฤมร วิมลเกษมและวิมลรัตน์ สุภกิจกาญจนา. (2550). สารพันความรู้เกี่ยวกับอาหารเพื่อสุขภาพและความงาม ตอนที่ 1 โพลิฟีนอล : สารต่อต้านออกซิเดชัน. **วารวารจาร์พา :Food & Health.** 2-5

จารุณี โลกสุวรรณ. (2547). **โครงการที่ 1 การประยุกต์ใช้แป้งดัดแปรเป็นสารห่อหุ้มสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.

ชื่นจิต สีพญา และ จอย ผิวสะอาด. (2558). **ไรซ์เบอร์รี่ ข้าวดี มีประโยชน์. นิตยสารบรรณารักษ์, 1(1).** สืบค้น มิถุนายน 19, 2559, จาก http://www.agro.cmu.ac.th/absc/data/56/No08.pdf.

ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์. (2557, เมษายน-มิถุนายน). ไฮเบอร์รี่ ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่. **วารสารอาหาร,** 44(2), 55-56.

ไทรท์ ศรีโยธา. (2546). **วิศวกรรมแปรรูปอาหาร:การถนอมอาหาร.** กรุงเทพฯ:โอ เอส พริ้นติ้ง เฮาส์.

ไทรท์ ศรีโยธา, คมสันต์ อัฑฒพงศ์พิเชฏฐ์ และ สมรรถ ขันทะมูล. (2544). **รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาระบบอบแห้งแบบพ่นฝอย.** ขอนแก่น:ภาควาชิวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ธนิตชัย ปรัชญาถาวรกุล. (2552). **การห่อหุ้มสารสกัดสาหร่ายเกลียวทองโดยใช้เทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอยและมัลติเพิลอิมัลชัน.** กรุงเทพฯ: ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การ อาหาร) สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธีระ เอกสมทรงเมษฐ์. 2545. **ถั่วเหลือง (Soybean : Glycine max).** มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

นัยนา บุญทวียุวัตน์และเรวดี จงสุวัตน์. (2545). **น้ำมันรำข้าวทางเลือกเพื่อสุขภาพของคนไทย.** กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2548). **เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ.** บริษัท พัฒนาคุณภาพทางวิชาการ (พว). จำกัด, กรุงเทพฯ.

ปัญญ์ชรี ขอทวีวัฒนา. (2554). **กรรมวิธีการอบแห้ง**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประไพศรี ศิริจักรวาล และ ประภาศรี ภูวเสถียร. (2546). ถั่วเหลืองมีดีอย่างไร. **โครงการกระดูกสร้างชีวิต รู้ก่อนพร้อมกว่า,** สถาบันวิจัยโภชนาการ, นครปฐม.

โปรดปราน ทาศิริ, อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์, ฉัตรภา หัตถโกศล และ พร้อมสักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล. (2558). **การพัฒนาเยลลี่ข้าวไรซ์เบอรี่มังสวิรัติที่มีโปรตีนสูงและพลังงานสูงสาหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหาการกลืน.** ว.วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 369-372

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์ (2556). **ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร.** สืบค้น มิถุนายน 6, 2559, จาก www.foodnetworksolution.com.

พิศาล ฝ่ายชาวนา. (2546). **การศึกษาผลของสภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีผลต่อคุณภาพสารชีวภาพ.** กรุงเทพฯ:วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์ มหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ไพโรจน์ วิริยจารี. (2545). **การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส.** ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มลศิริ วีโรทัย. (2545). **เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ.** บริษัทพัฒนาคุณภาพทางวิชาการ(พว). จำกัด, กรุงเทพฯ.

ลลิตา โรจนานุยุตต์. (2550). **ปริมาณเบต้าแคโรทีนและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผักสดและผักที่ทำให้สุก.** บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วันชัย สมชิต. (2527). **ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์.** บริษัทสยามออฟเซ็ท จำกัด, กรุงเทพฯ.

วันทนีย์ เกรียงสินยศ. (2549, มกราคม). กินอย่างไรไม่ให้ซีดจากการขาดธาตุเหล็ก. **วารสารหมอชาวบ้าน, 27(321),** 44-46.

วินัย ดะห์ลัน. (2550). **เอกสารประกอบการบรรยาย โภชนาการพื้นฐานเพื่อการมีสุขภาพสมบูรณ์สูงสุด.**

วิริยะ สิริสิงห์. (2554). **วิทยาศาสตร์ : แทนนิน.** สืบค้นเมื่อ พฤษภาคม 4, 2559, จาก http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=629.

ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว. (2555). **ประโยชน์ของข้าวไรซ์เบอร์รี่.** กรุงเทพฯ.

สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา. (2553). **การอบแห้งอาหารและวัสดุชีวภาพ.** สืบค้นเมื่อ ตุลาคม 21 2559, จาก http://www.kmutt.ac.th/foodeng/download/mini-food-eng-drying.pdf.

สมชาย ประภาวัติ. (2523). **นมเทียมจากพืช. อาหาร.** 12 (เมษายน) :296 – 313.

สันติชัย สิริวัชโรดม และ นางสาวอุษารัตน์ แววตระการ. (2552). **ผลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ใช้ในการอบแบบพ่นฝอยต่อความคงตัวของเบต้าไซยานินจากแก้วมังกร.** กรุงเทพ:ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ พืชน้ำมัน (เล่มที่ 19). (2538). กรุงเทพฯ: โครงการสารานุกรมไทย
สำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำนมถั่วเหลือง (มผช. 529/2547).** กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.) องค์การมหาชน. (2552). **ข้าวไรซ์เบอร์รี่.**

สุนทร ตรีนันทวัน. (2544). วิตามิน-วิตามิน. **นิตยสารชีวจิต, 32(64),** หน้า 58-60 สืบค้นเมื่อ พฤษภาคม 4, 2558, จาก http://edtech.ipst.ac.th/index.php/2011-07-29-04-02-00/18-2011-08-09-06-29-06/763-2012-12-18-07-18-41.html

สุมาลี ทองแก้ว และวลัยทิพย์ สายชลวิจารณ์. (2541). **ถั่วเหลือง พืชมหัศจรรย์ของแผ่นดิน.** สำนักงานพิมพ์หมอชาวบ้าน, กรุงเทพฯ.

สุรีย์ แถวเที่ยง. (2552). **เครื่องดื่มน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

อภิพรรณ พุภักดี. (2546). **ถั่วเหลืองพืชทองของไทย.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรพินท์ บรรจง. (2544). มูลนิธิหมอชาวบ้าน. นิตยสารหมอชาวบ้าน เล่มที่ 370 คอลัมน์: เรื่องน่ารู้. **นมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม.**

Anderson, J.B. Garner, J.S. and Sanford, C. (2000). The Soybean as a Source of BioactiveMolecules. In **Essentials of Functional Foods.** pp. 239-269. Schmidl, Mary K., And Labuza, Theodore P., eds. Aspen Publication, Maryland, United State of America.

AOAC. (2000). **Official Method of Analysis of AOAC International.** 17th edition. Gaithersburg, MD, U.S.A.

Baldwin, A. and Pearce, D. (2005). **Milk Powder New Zealand Dairy Research Institute (NZDRI).**

Desobry, S.A., Netto, F.M. and Labuza, T.P. (1997). **Comparison of spray drying,** drum drying and freeze drying β-carotene encapsulation and preservation, *Journal of Food Science,* 62(6), 1158-1162.

Jansen J, Karges W and Rink L. (2009). Zinc and diabetes-clinical links and molecular mechanisms. **J Nutr Biochem.** 20: 399-417.

Johnson, L A., Myers, D.J. and Burden, D.J. (1992). Soy Protein's History, Prospects in Food, Feed. **International News on Fats, Oils, and Related Materials. 3, (April):429-422.**

Lee, S.Y., Morr, C.V. and Seo, A. (1990). Comparison of Milk-Based and Soymilk-Based Yogurt.**Journal of Food Science.** 55, (Febuary):523-536.

Liu, K. (1997). **Soybeans : Chemistry, Technology, and Utilization.** Chapman & Hall, New York.Riaz, M.N. (1999). Soybeans as Functional Foods. **Cereal Foods World.** 44,(Febuary):88-92.

Scalabrini, P., Rossi, M., Spettoli, P. and Matteuzzi, D. (1998). Characterization of *Bifidobacterium* Strains for Use in Soymilk Fermentation. **International Journal of Food Microbiology.** 39, (March) :213-219

Smith, A.H. and Circle, S.J. (1972). Chemical composition of the seed. In **Soybeans : Chemistry and Technology.** Pp. 61-92. Smith, Allan H. and Circle, Sidney Joseph, eds. Westport, Connecticut.

Snyder, H.E. and Kwon, T.W. (1987). **Soybean Utilization.** Van Nostrand Reinhold, Naw York.

Wang, Yi-Chieh., Yu, Roch-Chui., Yang, Hsin-Yi. And Cheng-Chun. (2003). Sugar and Acid Contents in Soymilk Fermented with Lactic Acid Bacteria Alone or Simultaneously With Bifidobacteria. **Food Microbiology.** 20, (March):333-338

Wilkens, W.F., Mttick, L.R. and Hand, D.B. (1967). Effect of processing method on oxidative off-flavour of soybean milk. **Food Technology.** 21, (March):1630-1633.

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก ก
การประมาณคุณภาพทางประสาทสัมผัส

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส
ผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่

ชื่อผู้ทดสอบ นาย/นางสาว.....วันที่ทดสอบ...../...../.....

คำชี้แจง

การทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง โดยการให้คะแนนคุณภาพด้านต่างๆตามที่กำหนดไว้ โดยกำหนดคะแนนดังต่อไปนี้ (กรุณาดื่มน้ำก่อนชิม)

9	หมายถึง	ชอบมากที่สุด	4	หมายถึง	ไม่ชอบเล็กน้อย
8	หมายถึง	ชอบมาก	3	หมายถึง	ไม่ชอบปานกลาง
7	หมายถึง	ชอบปานกลาง	2	หมายถึง	ไม่ชอบมาก
6	หมายถึง	ชอบเล็กน้อย	1	หมายถึง	ไม่ชอบมากที่สุด
5	หมายถึง	เฉยๆ			

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง			
	521	341	739	527
สีของผลิตภัณฑ์				
กลิ่นข้าวไรซ์เบอร์รี่				
กลิ่นถั่วเหลือง				
รสชาติ				
ลักษณะเนื้อสัมผัส				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

วิเคราะห์องค์ประกอบด้านเคมีโดยประมาณ (proximate analysis)

1. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ (total soluble solids ; องศาบริกซ์) (refactometer)

ภาคผนวก ข.1 เครื่อง pocket refactometer (TSS)

เครื่องมือที่ใช้วัด

-เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (hand refractmeter) ของบริษัท JAPAR TECHCENTTER Pocket Refract meter ; PAL - α , ATAGO, JAPAN ที่สามารถวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในช่วง 0–85 องศาบริกซ์

วิธีการวัดค่า

1. เปิดเครื่องไว้ล่วงหน้า 5 นาที เพื่อทำการ warm เครื่อง
2. หยดน้ำกลั่นลงไป 5 หยด ที่บริเวณใส่ตัวอย่าง กดปุ่ม zero เพื่อปรับค่าการหักเหของแสง ให้เป็น 0
3. เช็ดน้ำกลั่นออกให้หมดในช่องใส่ตัวอย่างให้แห้งและสะอาด
4. ใส่ตัวอย่างที่น้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ลงไป 1-2 หยด แล้วกดปุ่ม start เพื่อวัดการหักเหของแสง ล้างช่องใส่ตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น และเช็ดให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู ทำการวัดตัวอย่างต่อโดยไม่ต้องปรับค่าเป็น 0 (ยกเว้นกรณีปิดและเปิดเครื่องใหม่ทุกครั้งต้องปรับค่าเป็น 0)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (moisture content)

ภาคผนวก ข.2 เครื่องวัดปริมาณความชื้น (moisture analyzer)

เครื่องมือที่ใช้วัด

- เครื่องวัดความชื้น (moisture analyzer; ยี่ห้อ Ohaus, รุ่น MB45, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

วิธีการวัดค่า

1. เปิดเครื่องวัดปริมาณความชื้นเป็นเวลา 30 นาที
2. นำน้ำนมใส่ในถาดวัดปริมาณความชื้น ไม่เกิน 1 กรัม
3. ปิดฝาเครื่องลง แล้วกดปุ่ม strat
4. รอเวลาประมาณ 15 นาที ทำการอ่านค่า ค่าที่ได้จะแสดงบนหน้าจอและทำการบันทึก

2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ขวดเคลดาห์ ขนาด 250 mL
2. บีกเกอร์ ขนาด 250 mL
3. บิวเรตชนิด A ขนาด 50mL
4. กระบอกตวง ขนาด 100 mL
5. ขวดกลั่น ขนาด 250 mL
6. ขวดชมพู่ ขนาด 250 mL
7. ชุดกลั่นโปรตีน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

8. ชุดย่อยโปรตีน
9. ตู้ดูดควัน
10. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริก เข้มข้น 98% (W/V)
2. คะตะลิสต์ผสมอัตราส่วนระหว่างคอปเปอร์
3. เม็ดเดือด
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 40 (W/V)
5. กรดซัลฟิวริก เข้มข้น 0.1 N (0.05 M)
6. อินดิเคเตอร์ผสม
7. กรดบอริค เข้มข้นร้อยละ 4 (W/V)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 0.5-2.0 กรัม ถ่ายตัวอย่างลงในหลอดย่อยโปรตีนทำ blank ควบคู่ไปด้วย

2. ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา (Kjelblet) จำนวน 1 เม็ด หรือคะตะลิสต์ผสม จำนวน 8 กรัม และกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 20 ml โดยเอียงหลอดย่อยโปรตีนและค่อยๆรินกรดข้างๆหลอด เพื่อล้างตัวอย่างที่อาจติดอยู่ข้างหลอดให้หมด และค่อยๆเขย่าตัวอย่างเบาๆ

3. นำตัวอย่างไปย่อยด้วยเครื่องย่อยโปรตีนใช้เวลาย่อยประมาณ 1 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งสารละลายใสจึงปิดชุดย่อย รอจนสารละลายเย็นลงในอุณหภูมิห้อง ห้ามนำหลอดย่อยไปทำเย็นด้วยน้ำเพราะจะทำให้หลอดย่อยแตก

4. ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

5. นำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยเข้าเครื่องกลั่น Kjeltec System โดยนำขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีกรดบอริก 4% ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และหยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด

6. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50% ให้มากเกิดพอ (ประมาณ 70-90 มิลลิลิตร) ข้อสังเกต ถ้าปริมาณด่างมากเกินไป สารละลายจะมีสีดำถ้ายังไม่เกิดสีดำให้เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพิ่มอีก 5-10 มิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

7. เปิดเครื่องเริ่มทำการกลั่น โดยให้ทำ Blank ก่อนตัวอย่าง

8. นำตัวอย่างที่ผ่านการกลั่น มาไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 0.1 N ได้จุดยุติคือสังเกตสีชมพูปรากฏขึ้นและสารละลายสีเทาอมม่วง คำนวณหาปริมาณโปรตีนหยาบ

คำนวณจากสูตร

$$\% \text{ ไนโตรเจน} = \frac{(A-B)\times C\times 0.014\times 100}{D}$$

$$\% \text{ โปรตีน} = \%N\times 6.25$$

A = มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก 0.1 N ที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก 0.1 N ที่ใช้ในการไตเตรท blank

C = ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริก

D = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

อุปกรณ์และสารเคมี

1. กระดาษกรอง
2. ทิมเบอร์
3. ขวดก้นกลม ขนาด 250 มิลลิลิตร
4. ปิโตรเลี่ยม อีเทอร์
5. ตู้ลมร้อน

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบความชื้นแล้ว ด้วยน้ำหนักที่แน่นอน 2 กรัม (W1)

2. ถ่ายตัวอย่างลงในกระดาษกรองที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้วห่อให้เรียบร้อย นำไปใส่ทิมเบอร์

3. นำทิมเบอร์ใส่ในชุดกลั่นซอล์กเลต

4. เติม ปิโตรเลี่ยมอีเทอร์ประมาณ 160 มิลลิลิตร ลงขวดก้นกลม ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่ผ่านการอบและชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว (W2)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

5. เปิดเครื่องทำน้ำหล่อเย็นก่อนทำการสกัดประมาณ 30 นาที ตั้งอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เปิดเตาหลุมให้ความร้อนตั้งระดับความร้อนที่ระดับ 4-5 ทำการสกัดไขมัน ตามเวลาที่เหมาะสมกับปริมาณไขมันในตัวอย่าง

6. เมื่อครบกำหนดเวลาให้ปิดเตาหลุมให้ความร้อนระเหย ปิโตรเลียม อีเทอร์ ออกจากตัวอย่างใน hood

7. นำขวดก้นกลม อบต่อในตู้ลมร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 102±2°C นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W3)

คำนวณจากสูตร

$$\% \text{ ไขมัน} = \frac{W3-W2}{W1} \times 100$$

W1 = น้ำหนักตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม
W2 = น้ำหนักขวดก้นกลม มีหน่วยเป็น กรัม
W3 = น้ำหนักขวดก้นกลมที่มีไขมัน มีหน่วยเป็น กรัม

4. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ
2. ตะเกียงบุนเซน
3. เดซิกเคเตอร์
4. เตาเผาไฟฟ้าที่ปรับและควบคุมอุณหภูมิได้
5. เตาเผาไฟฟ้า
6. ตู้ดูดควัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

7. เครื่องชั่งไฟฟ้า ชั่งน้ำหนักได้ละเอียด 0.1 mg

วิธีวิเคราะห์

1. อบถ้วยกระเบื้อง ในตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง บันทึกน้ำหนักตัวอย่าง
3. นำไปเผาด้วยไฟอ่อนบนเตาไฟฟ้าหรือตะเกียงบุนเสนโดยเพิ่มความร้อนทีละน้อย จนตัวอย่างไหม้เกรียมและเผาจนหมดควัน ในกรณีตัวอย่างเป็นของเหลวหรือกึ่งแข็งกึ่งเหลว ให้นำตัวอย่างไประเหยแห้งบนเครื่องอังไอน้ำก่อนนำไปเผาบนเตาไฟฟ้า
4. นำไปเผาต่อในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักที่ได้

คำนวณจากสูตร

$$\text{ปริมาณเถ้าทั้งหมด ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W3-W1)}{(W2-W1)} \times 100$$

W1 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบ มีหน่วยเป็น กรัม
W2 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม
W3 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบและเถ้า มีหน่วยเป็น กรัม

5. การวิเคราะห์ปริมาณกาก

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. บีกเกอร์ 250, 600 มิลลิลิตร
2. กระบอกตวง ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. ขวดก้นแบนบรรจุน้ำ
4. แท่งแก้วคนสาร
5. กรวยบุชเนอร์
6. ขวดสำหรับกรองดูด ขนาด 500 มิลลิลิตร พร้อมอุปกรณ์
7. ขวดน้ำกลั่น ขนาด 500 มิลลิลิตร
8. กระดาษกรอง เบอร์ 541
9. ถ้วยกระเบื้อง
10. กระดาษลิตมัส
11. เดซิเคเตอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

12. เตาไฟฟ้า
13. ตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า
14. เตาเผาไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิได้
15. เครื่องชั่ง

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริก เข้มข้นร้อยละ 1.25
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 1.25
3. เอทิล แอลกอฮอล์ เข้มข้นร้อยละ 95

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่มีไขมันไม่เกิน 1% ให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1 กรัม

2. ตวงสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 1.25 จำนวน 200 มิลลิลิตร ด้วยกระบอกตวง ใส่บิกเกอร์ที่มีตัวอย่างอยู่ นำไปต้มบนเตาไฟฟ้าโดยปิดปากบีกเกอร์ด้วยขวดแก้วก้นกลมขนาด 500 มิลลิลิตร บรรจุน้ำกลั่น เพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย เมื่อเดือดจับเวลา 30 นาที

3. กรองทันทีด้วยกรวยบุชเนอร์ที่มีกระดาษกรอง เบอร์ 541 (ที่ผ่านการอบให้แห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอน) โดยใช้แรงสุญญากาศผ่านขวดแก้วสำหรับกรองดูด

4. ฉีดล้างสิ่งที่เหลือบนบีกเกอร์ ด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้ง ลงในกรวยบุชเนอร์

5. ล้างสิ่งที่ตกค้างบนกระดาษกรอง

6. ตวงสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 จำนวน 200 มิลลิลิตร ใส่บิกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร นำไปตั้งบนเตาไฟฟ้าจนร้อน นำไปใส่ขวดน้ำแล้วฉีดล้างบนกระดาษกรอง ลงในบีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร จนหมด

7. นำไปต้มบนเตาไฟฟ้า โดยใช้ขวดก้นกลมปิดปากของบีกเกอร์ให้สนิทเพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย เมื่อเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที

8. กรองทันทีผ่านกรวยบุชเนอร์ ซึ่งบุด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 541 ฉีดน้ำกลั่นในแนบสนิทกับกรวยบุชเนอร์แล้วฉีดล้างสิ่งที่เหลือบนบีกเกอร์ ด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้ง ลงบนกรวยบุชเนอร์

9. ล้างสิ่งที่ตกค้างบนกระดาษกรองด้วยน้ำร้อนจนหมดด่าง ทดสอบด้วยสารละลายที่กรองได้ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส สีแดงเป็นสีน้ำเงิน

10. นำกระดาษกรองวางบนถ้วยกระเบื้อง นำไปอบที่ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 102±2°C นาน 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

11. เผาถ้วยกระเบื้องพร้อมกระดาษกรองที่อบเรียบร้อยแล้วในเตาเผา อุณหภูมิ 550±2 °C นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก

คำนวณจากสูตร

$$\text{ปริมาณกาก ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W4-W3-W2)-(W5-W3)}{W1} \times 100$$

W1 = น้ำหนักตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม
W2 = น้ำหนักกระดาษกรอง มีหน่วยเป็น กรัม
W3 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง มีหน่วยเป็น กรัม
W4 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง + กระดาษกรอง +กากหลังการอบแห้ง มีหน่วยเป็น กรัม
W5 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง + กากหลังตากการเผา มีหน่วยเป็น กรัม

6. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

คำนวณจากสูตร

% คาร์โบไฮเดรต = 100- (% ความชื้น/น้ำ + % ไขมัน + % โปรตีน + % กาก + % เถ้า)

7. การวิเคราะห์ปริมาณพลังงาน

คำนวณจากสูตร

คำนวณจากผลรวมของ % คาร์โบไฮเดรต × 4 + % ไขมัน × 9 + % โปรตีน × 4

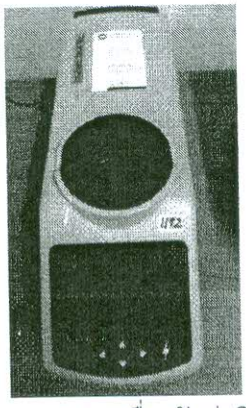
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

1. การวิเคราะห์ค่าสี ระบบ CIE LAB (L* a* b*) (AOAC,2000)



ภาคผนวก ค.1 เครื่องวัดค่าสี (colorimeter)

L* หมายถึง ค่าความสว่างของสี โดย L* หมายถึง 0 มีค่าความสว่างน้อย
-100 มีค่า ความสว่างมาก

a* หมายถึง ค่าแสดงความเป็นสีแดง โดย -a* หมายถึง สีเขียว, +a* หมายถึง สีแดง

b* หมายถึง ค่าแสดงความเป็นสีเหลือง โดย –b* หมายถึง สีน้ำเงิน, +b* หมายถึง สีเหลือง

เครื่องมือที่ใช้วัด

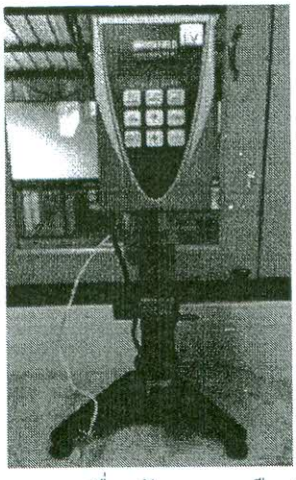
- เครื่องวัดสีระบบ CIE L*a*b* (color measure quality ; ยี่ห้อ Hunter lab, รุ่นColorHex Z2, ประเทศญี่ปุ่น)

วิธีการวัดค่า

1. เปิดเครื่องวัดสี hunter lab
2. เลือกโปรแกรม buad rate
3. ทำการ standardize เครื่อง โดย
   -ให้วางแผ่น black glass ปิด port เพื่อทำการวัด
   -ให้วางแผ่น white tile ปิด port เพื่อทำการวัด
4. เมื่อทำการ standardize เรียบร้อย ทำการสร้างที่เก็บข้อมูล
5. ทำการวัดสีตัวอย่าง เทตัวอย่างลงถ้วยแก้วเพื่อทำการวัด 3 ครั้ง เพื่อให้ค่าที่แน่นอน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2. การวิเคราะห์ความหนืด (viscometer)



ภาคผนวก ค.2 เครื่องวัดความหนืด (viscometer)

เครื่องมือที่ใช้วัด

-เครื่องวัดความหนืด (viscometer) ยี่ห้อ brookfield viscometer, รุ่น DV- II + Pro Extra, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

วิธีการวัดค่า

1. ทำการติดตั้งเครื่องกับเสาแกนตั้ง

2. ปรับฟองอากาศในช่องกระจกให้อยู่ตรงกลาง โดยปรับที่ล้อหมุนใต้เสาแกนตั้ง

3. นำตัวอย่างใส่บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ให้มีปริมาณมากพอ ต่อ RTD temperate probe เข้ากับตัวอย่างเพื่อวัดอุณหภูมิของตัวอย่าง ขณะทำการวัดความหนืดเปิดสวิทช์เครื่อง เลือกใส่หัวหมุน 64 เพื่อให้เหมาะสมกับน้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่

4. ทำการใส่ขนาดของหัวหมุน และเลือกค่าความเร็ว 60 รอบต่อนาที จากนั้นกด select display เครื่องจะแสดงค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่

5. จากนั้นอ่านค่าความหนืดที่ 20 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 วินาที อ่านค่าเปอร์เซ็นต์ท๊อก และอุณหภูมิโดยมีหน่วยเป็น เซนติพอยส์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (water activity)

ภาคผนวก ค.3 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity meter)

เครื่องมือที่ใช้วัด

- เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity meter; ยี่ห้อ Aqualab, รุ่น 4TE, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

วิธีการวัดค่า

1. เปิดเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ ไว้เป็นเวลา 30 นาที
2. ตั้งอุณหภูมิการวิเคราะห์ที่ 25 องศาเซลเซียส
3. ก่อนการวิเคราะห์ใส่ตัวอย่างลงไปในตลับให้มีความสูงไม่เกินตลับ
4. ใส่ตลับในเครื่องรอจนเครื่องแสดงค่าที่คงที่
5. บันทึกค่าปริมาณน้ำอิสระและอุณหภูมิ

มหาวิทยาลัยกรุงเทพสตรี

4. การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคผง (particle size)

ภาคผนวก ค.4 เครื่องตะแกรงร่อนขนาดอนุภาคผง (particle size sieve)

เครื่องมือที่ใช้วัด

- ตะแกรงร่อนขนาดอนุภาคผง (particle size sieve; ยี่ห้อ Endecotts Limited รุ่น 230 50 Hz 80VA, ประเทศอังกฤษ)

อุปกรณ์ที่ใช้

1. ช้อนเคาะผง
2. แปรงปัดผง

เครื่องมือที่ใช้

1. ตะแกรงร่อนผง
2. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (analytical balance)

วิธีการวัดค่า

1. ชั่งตะแกรงขนาด 75, 106, 125, 150, 180, 300, 600 และ 1,000 เมช
2. ชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์ผงจำนวน 50 กรัม
3. นำผลิตภัณฑ์ผงใส่ในตะแกรงขนาด 75 เมช
4. เปิดเครื่องตะแกรงร่อนผงเป็นเวลา 10 นาที
5. ชั่งน้ำหนักตะแกรง + ผงที่ได้แต่ละตะแกรง แล้วทำการจดบันทึก
6. ทำการคำนวณตามสูตรของขนาดอนุภาคผง

$$\overline{D}_s = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{\overline{D}_{pi}}}$$

$\overline{D}_s$ = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยโดยอัตราส่วนของปริมาตรต่อพื้นที่ (mm)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

x_i = อัตราส่วนโดยมวลของอนุภาคในตะแกรงลำดับที่ i

$\overline{D}_{pi}$ = ขนาดเฉลี่ยของอนุภาคที่ค้างในตะแกรงลำดับที่ I (mm)

5. การวิเคราะห์ความหนาแน่นอนุภาค (particle density)

อุปกรณ์ที่ใช้

1. บีกเกอร์ ขนาด 25 มิลลิลิตร
2. pygnometer พิคาโนมิเตอร์ ขนาด 25 มิลลิลิตร

สารเคมีที่ใช้

- ปิโตเลียม อีเทอร์

เครื่องมือที่ใช้

- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (analytical balance)

วิธีการวัดค่า

1. ชั่งน้ำหนักของ ขวดพิคโนมิเตอร์
2. ชั่งน้ำหนักของ ขวดพิคโนมิเตอร์ ที่เติมปิโตเลียม อีเทอร์ ลงไป
3. เติมตัวอย่างลงใน ขวดพิคโนมิเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก
4. เติมปิโตเลียม อีเทอร์ ลงไปจนเต็ม ขวดพิคโนมิเตอร์ เขย่าจนอนุภาคแขวนลอย
5. ชั่งน้ำหนัก และคำนวณความหนาแน่นของอนุภาค

$$\text{Particle density} = \frac{(m_s - m_o)\rho}{(m_l - m_o) - (m_{sl} - m_s)}$$

เมื่อ m_s คือ น้ำหนักของขวดที่เติมตัวอย่างลงไป

m_o คือ น้ำหนักขวดเปล่า

ρ คือ ความหนาแน่นของ ของ ปิโตเลียม อีเทอร์ ที่ใช้

m_l คือ น้ำหนักของขวดที่เติม ปิโตเลียม อีเทอร์ ลงไป

m_{sl} คือ น้ำหนักที่เติม ปิโตเลียม อีเทอร์ ลงไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก ค

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (ฉบับที่ 529) พ.ศ. 2547
น้ำนมถั่วเหลือง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (ฉบับที่ 529) พ.ศ. 2547
น้ำนมถั่วเหลือง

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะน้ำนมถั่วเหลืองพร้อมดื่มที่ทำจากถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบหลักผ่านกรรมวิธีการให้ความร้อนก่อนบรรจุและไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้ที่อุณหภูมิปกติ บรรจุในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่ไม่ใช่กระป๋องโลหะ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 น้ำนมถั่วเหลือง หมายถึง เครื่องดื่มชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำถั่วเหลืองมาล้างให้สะอาด แช่น้ำบดกับน้ำแล้วกรอง อาจปรุงแต่งรสด้วยน้ำตาลและอาจเติมส่วนประกอบอื่น เช่น น้ำลูกเดือย ชาเขียว นมผง สเตบิไลเซอร์ (stabilizer) เช่น กัม แป้งดัดแปร ต้มฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม บรรจุในภาชนะบรรจุขณะร้อน แล้วทำให้เย็นทันที

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นของเหลวข้น ข้นพอเหมาะ หากมีการเติมส่วนประกอบอื่นอาจตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้

3.2 สี กลิ่น (flavoring agent) และกลิ่นรส

ต้องมีสี กลิ่น (flavoring agent) และกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์

เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 8.1 แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคน ไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.3 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

3.4 วัตถุเจือปนอาหาร

3.4.1 หากมีการใช้สีให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

3.4.2 ห้ามใช้วัตถุกันเสียทุกชนิด

3.5 อะฟลาทอกซิน

ต้องไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3.6 จุลินทรีย์

3.6.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1x 10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.6.2 สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.6.3 เอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia coli*) โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) ต้องน้อยกว่า 2.2 ต่อตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4. สุขลักษณะ

4.1 สุขลักษณะในการทำน้ำนมถั่วเหลือง ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

5. การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุน้ำนมถั่วเหลืองในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อน จากสิ่งสกปรกภายนอกได้

5.2 ปริมาตรสุทธิของน้ำนมถั่วเหลืองในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุน้ำนมถั่วเหลืองทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำนมถั่วเหลือง น้ำเต้าหู้ เครื่องดื่มถั่วเหลืองผสมน้ำผลไม้รวม

(2) ส่วนประกอบที่สำคัญ

(3) ปริมาตรสุทธิ

(4) ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)

(5) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า "ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)"

(6) ข้อแนะนำในการเก็บรักษา เช่น ควรเก็บไว้ในตู้เย็น

(7) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง น้ำนมถั่วเหลืองที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอมการบรรจุและเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.3 ข้อ 5. และข้อ 6. จึงจะถือว่าน้ำนมถั่วเหลืองรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไปและสี กลิ่น (flavoring agent) และกลิ่นรสให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 7.2.1 แล้ว จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเมื่อตรวจสอบแล้วทุกอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 และข้อ 3.2 จึงจะถือว่าน้ำนมถั่วเหลืองรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวัตถุเจือปนอาหารและอะฟลาทอกซินให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีปริมาตรรวมไม่น้อยกว่า 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีปริมาตรรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.4และ ข้อ3.5 จึงจะถือว่าน้ำนมถั่วเหลืองรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.4 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีปริมาตรรวมไม่น้อยกว่า 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีปริมาตรรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.6 จึงจะถือว่าน้ำนมถั่วเหลืองรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างน้ำนมถั่วเหลืองต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1 ข้อ 7.2.2 ข้อ 7.2.3 และข้อ 7.2.4 ทุกข้อ จึงจะถือว่าน้ำนมถั่วเหลืองรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

8. การทดสอบ

8.1 การทดสอบลักษณะทั่วไปและสีกลิ่น (flavoring agent) และกลิ่นรส

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบน้ำนมถั่วเหลืองอย่างน้อย5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 เขย่าตัวอย่างน้ำนมถั่วเหลืองในภาชนะบรรจุ แล้วเทลงในแก้วใสทันทีโดยมีกระดาษสีขาวเป็นฉากหลัง ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

8.1.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ตารางที่ 1 หลักเกณฑ์การให้คะแนน (ข้อ 8.1.3)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องเป็นของเหลวขุ่น ข้นพอเหมาะ หากมีการเติมส่วนประกอบอื่น อาจตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้	4	3	2	1
สี กลิ่น และกลิ่นรส	ต้องมีสี กลิ่น และกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติ ของส่วนประกอบที่ใช้ปราศจากกลิ่นรสที่พึงประสงค์	4	3	2	1

8.2 การทดสอบสิ่งแปลกปลอมภาชนะบรรจุและเครื่องหมายและฉลาก

ให้ตรวจพินิจ

8.3 การทดสอบวัตถุเจือปนอาหารและอะฟลาทอกซิน

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.4 การทดสอบจุลินทรีย์

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.5 การทดสอบปริมาตรสุทธิ

ให้ใช้เครื่องวัดปริมาตรที่เหมาะสม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ภาคผนวก ก.
สุขลักษณะ

(ข้อ 4.1)

ก.1 สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

ก.1.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังแฉะและสกปรก

ก.1.1.2 อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน มากผิดปกติ

ก.1.1.3 ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.1.2 อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำ ความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.1.2.1 พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาด และ ซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.1.2.2 แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับ การทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.1.2.3 พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.2.1 ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ทำจากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้าง ทำความ สะอาดได้ง่าย

ก.2.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.3 การควบคุมกระบวนการทำ

ก.3.1 วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพดีมีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.3.2 การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของ ผลิตภัณฑ์

ก.4 การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.4.1 น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณ เพียงพอ

ก.4.2 มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ก.4.3 มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้งอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกินการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.4.4 สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บ แยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.5 บุคลากรและสุขลักษณะผู้ปฏิบัติงาน ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดีเช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้ เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขา และเมื่อมือสกปรก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี