

การใช้ประโยชน์ปลายข้าวเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำ Utilization of Broken Rice as a Fat Replacer in Low Calorie Tofu Salad Dressing

พรทวิ ธนสัมบัณณ* และสุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี
โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

Pornthawee Tanasombun* & Suwanna Pichaiyongvongdee
School of Culinary Arts, Suan Dusit University

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาน้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำ โดยมีส่วนผสมของเต้าหู้และเจลแบ่งข้าว มาทดแทนไข่แดง และน้ำมันบางส่วน พบว่าตำรับพื้นฐานที่ได้รับการยอมรับสูงสุด มีส่วนผสมดังนี้ คือ เต้าหู้ ถั่วเหลือง 200 กรัม น้ำมันสลัด 235 กรัม น้ำส้มสายชูหมักจากข้าว 120 กรัม เกลือ 7 กรัม น้ำตาลทรายขาว 114 กรัม และพริกไทยดำป่น 1.60 กรัม เพื่อศึกษาชนิดของปลายข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ข้าวเหลืองประทิว 123 และข้าวหอมมะลิ 105 ทำการไม่แบบเปียกและไม่ผสม พบว่า เลือกแบ่งข้าวหอมมะลิ 105 ที่ผ่านการไม่ผสมทดแทนไขมันบางส่วน แม้ว่าเจลของแบ่งดังกล่าวมีค่าความหนืดสูงสุด (Peak Viscosity) ร้อยละการละลายต่ำกว่าไม่เปียก และค่ากำลังการพองตัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า Peak Viscosity, Final Viscosity, Setback และ Pasting Temperature เท่ากับ 3255 ± 18.03 , 3346 ± 30.92 , 1100 ± 5.59 RUV และ 82.83 ± 0.19 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื่องจากวิธีการไม่ผสม มีต้นทุนในการผลิตต่ำ ลดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากใช้น้ำในกระบวนการผลิตน้อยกว่าการไม่เปียก ซึ่งเจลแบ่งข้าวที่ร้อยละ 40 สามารถทดแทนไขมันได้ในระดับที่ผู้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสยอมรับไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 51.87 ± 0.28 , 0.35 ± 0.07 และ 7.56 ± 0.15 ตามลำดับ ค่าความหนืดเท่ากับ $2,435 \pm 86.53$ เซนติพอยส์ pH เท่ากับ 3.38 ± 0.01 มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต คิดเป็นร้อยละ 55.56 ± 0.34 , 6.28 ± 0.03 , 9.16 ± 0.05 , 1.41 ± 0.10 , 1.47 ± 0.03 และ 26.12 ± 0.50 ตามลำดับ โดยพบปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ อีกทั้งสามารถลดพลังงานทั้งหมดจาก 391.40 เป็น 297.40 กิโลแคลอรี และปริมาณไขมันจาก 35.70 เป็น 21.90 กรัม มีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัสและธาตุเหล็ก

* ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)
e-mail: kob_fst1977@hotmail.com

สูงกว่าน้ำสลัดเต้าหู้ตำรับพื้นฐาน และผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ตำรับพื้นฐาน

คำสำคัญ: ปลาหยั่วว สารทดแทน ไขมัน น้ำสลัด เต้าหู้

Abstract

This research aims to produce a low calorie salad dressing from tofu and rice flour gel to replace yolks and vegetable oil. The most accepted basic recipe of salad dressing consisted of soft soy tofu 200 g, salad oil 235 g, rice vinegar 120 g, salt 7 g, sugar 114 g and black pepper powder 1.60 g. Then, 2 of types broken rice (Leuang pratew 123 and Thai jasmine 105) and wet or semi-milling processes were studied. The result showed that semi-milled Thai jasmine 105 gel was a suitable replacement for vegetable oil. This rice gel had a peak viscosity and water solubility index lower than that of wet milled flour. However, no difference of swelling power between both types of flour were found. It was found that the peak viscosity, final viscosity, setback and pasting temperature were 3255 ± 18.03 , 3346 ± 30.92 , 1100 ± 5.59 RUV and 82.83 ± 0.19 °C, respectively. Semi-milled flour was chosen because it had a lower production cost. In addition, reduced environmental problems, due to lower water usage in the production process, were found in semi-milled flour production. Replacing vegetable oil with 40% gel starch was optimal in the tofu salad dressing. The color of the product showed $L^*a^*b^*$ values of 51.87 ± 0.28 , 0.35 ± 0.07 and 7.56 ± 0.15 , respectively. Viscosity of the product was $2,435 \pm 86.53$ cPs. Chemical composition of the product showed moisture, protein, fat, fiber, ash and carbohydrate were 55.56 ± 0.34 , 6.28 ± 0.03 , 9.16 ± 0.05 , 1.41 ± 0.10 , 1.47 ± 0.03 and 26.12 ± 0.50 percent, respectively. Moreover, it complied to the standard of Thai community product for salad dressing. Substitution also decreased the level of total energy from 391.40 to 297.40 kcal and fat from 35.70 to 21.90 g. The experimental recipe had more protein, carbohydrate, fiber and mineral (sodium, calcium, phosphorus and iron) than the original tofu salad dressing. Consumers showed no significantly different preference between low calorie tofu salad dressing and the conventional full-fat dressing.

Keywords: Broken Rice, Replacer, Fat, Salad Dressing, Tofu

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจเรื่องสุขภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการบริโภคอาหารบางอย่างอาจทำให้เกิดโรค โดยเฉพาะอาหารที่มีไขมันและคอเลสเตอรอลสูง ทำให้ผู้บริโภคเกิดโรคอ้วน ซึ่งสามารถเกิดโรคแทรกซ้อนต่างๆ มากมาย ได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคหัวใจขาดเลือด โรคอ้วนในถุงน้ำดี และโรคข้ออักเสบ เป็นต้น (Srimoung, 2009) ผู้บริโภคจึงเลือกรับประทานอาหารที่เน้นผักสด สลัดจึงเป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ผู้บริโภคนิยมรับประทาน ซึ่งประกอบด้วย น้ำสลัดและผักผลไม้เป็นส่วนใหญ่ ผักผลไม้จะมีวิตามิน แร่ธาตุและเส้นใยอาหารที่ช่วยในการระบบขับถ่าย แต่น้ำสลัดที่บริโภคโดยทั่วไปมีส่วนผสมที่มีพลังงานและคอเลสเตอรอลสูง ได้แก่ น้ำมันพืช ไข่แดง น้ำตาลทราย และนมข้นหวาน (Banjong, 2007; Bunma et al., 2010) เมื่อรับประทานเป็นประจำ แทนที่จะลดน้ำหนัก กลับกลายเป็นเพิ่มน้ำหนักโดยไม่ทราบสาเหตุ อีกทั้งในเทศกาลกินเจที่มีจัดขึ้นทุกปี ผู้บริโภคบางกลุ่มงดบริโภคเนื้อสัตว์หันมาบริโภคผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง ผักสดและผลไม้สดมากขึ้น แต่อาหารประเภทสลัดไม่สามารถรับประทานในช่วงเทศกาลกินเจได้ เนื่องจากน้ำสลัดมีส่วนผสมของไข่ไก่ ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ได้จากผลิตภัณฑ์จากสัตว์ นอกจากนี้ น้ำสลัดยังมีส่วนผสมของน้ำมันพืชในปริมาณที่สูง ซึ่งมีผลต่อสุขภาพเช่นเดียวกัน งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดต่ำรับดั้งเดิม คือ มีไข่เป็นส่วนผสมและพลังงานสูงให้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่ไม่มีไข่เป็นส่วนผสมและพลังงานต่ำ โดยทำการพัฒนาต่ำรับพื้นฐานของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ ซึ่งเต้าหู้ที่ทำการศึกษาจะใช้เต้าหู้ถั่วเหลือง เนื่องจากต้องการผลิตน้ำสลัดให้ตอบสนองผู้ที่รับประทานอาหารมังสวิรัตหรือเจ และได้นำปลายข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เหลืองประทิว 123 และพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 ที่เป็นผลผลิตพลอยได้จากโรงสีข้าวนำมาแปรรูปเป็นแป้งข้าวมาโมแบบเปียกและโมผสม เพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมัน เนื่องจากแป้งข้าวเป็นสารกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต มีคุณสมบัติเฉพาะด้านการเกิดเจล และให้ความข้นหนืด จึงนิยมนำแป้งมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหาร (Rattanapanone, 2010) โดยนำมาทดแทนน้ำมันในน้ำสลัดเต้าหู้เพราะในการผลิตน้ำสลัดแต่ละครั้งจะใช้น้ำมันปริมาณมาก ซึ่งถ้าสามารถลดปริมาณการใช้ได้จะเป็นผลดีต่อสุขภาพและเป็นการลดต้นทุนได้อีกทางหนึ่งด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์พัฒนาน้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำ โดยใช้ผลผลิตพลอยได้จากโรงสีข้าวสวนดุสิตให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดเจลที่ดีเพื่อใช้เป็นสารทดแทนไขมัน อีกทั้งยังสามารถรับประทานได้ในทุกเทศกาล และเป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ที่ทดแทนไขมันด้วยเจลแบ่งจากปลายข้าว
2. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและพลังงานของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ที่ทดแทนไขมันด้วยเจลแบ่งจากปลายข้าว
3. เพื่อสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ที่ทดแทนไขมันด้วยเจลแบ่งจากปลายข้าว

วิธีการวิจัย

1. คัดเลือกตำรับพื้นฐานของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ต่อการยอมรับสูงสุด

ผลิตน้ำสลัดเต้าหู้ตำรับพื้นฐาน 4 ตำรับ และประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านอาหาร 5 ท่าน ใช้วิธี 9-Point Hedonic Scale Test (Wiriyaacharee, 2002) เพื่อคัดเลือกตำรับพื้นฐานที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยด้านการยอมรับสูงสุด แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมน้ำสลัดเต้าหู้พื้นฐาน 4 ตำรับ

ส่วนผสม (ร้อยละ)	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4
เต้าหู้ฉ่ำเหลืองชนิดอ่อน	23.06	25	55.70	29.52
น้ำส้มสายชูกลั่น	10.48	25	-	-
น้ำส้มสายชูหมัก	-	-	6.84	17.71
น้ำตาลทรายขาว	20.96	11.25	-	16.82
น้ำตาลทรายแดง	-	-	3.16	-
มัสตาร์ดครีม	1.05	1	0.76	-
พริกไทยป่น	2.09	0.25	0.45	0.24
เกลือป่น	0.43	2.50	1.44	1.03
น้ำมันสลัด	-	-	-	34.68
น้ำมันมะกอก	-	-	31.65	-
น้ำมันถั่วเหลือง	41.93	35	-	-

หมายเหตุ: ตำรับที่ 1 Sakunkaew (2000); ตำรับที่ 2 Bunma et al. (2010)

ตำรับที่ 3 Hongwiwat (2008); ตำรับที่ 4 Hunshin et al. (2011)

2. ศึกษาชนิดของปลายข้าวและวิธีการโม่ที่เหมาะสม

ศึกษาปลายข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 และข้าวหอมมะลิ 105 ซึ่งเป็นผลผลิตพลอยได้จากโรงสีข้าว ทำการโม่แบบเปียกและโม่ผสม จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัตถุประสงค์การละลายและกำลังการพองตัว ดัดแปลงจากวิธีของ Schoch (1964) วัดความหนืด (Pasting Profile) ด้วยเครื่อง RVA Visco Analyzer องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และค่าวนคาร์โบไฮเดรต โดยใช้วิธีของ AOAC (2007) และปริมาณอะไมโลส โดยใช้วิธีของ (Juliano, 1971) วางแผนการทดลองโดยใช้ 2x2 Factorial Arrangement in CRD โดยมีตัวแปร 2 ระดับ คือชนิดของปลายข้าวและวิธีการโม่ พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Means) โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ($p \leq 0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3. ศึกษาปริมาณแป้งปลายข้าวที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้

พิจารณาชนิดของปลายข้าวและวิธีการโม่ที่เหมาะสมที่สุดจากข้อ 2 เพื่อเตรียมเจลแป้งข้าว โดยร่อนแป้งด้วยตะแกรง และเตรียมเป็นสารละลายน้ำแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก นำไปให้ความร้อนโดยใช้อ่างผสมควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที พักไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำเจลแป้งที่ได้ชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนที่ทดแทนไขมัน เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ โดยแปรระดับที่ร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80, 100 วัดคุณภาพน้ำสลัดเต้าหู้ทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่า $L^*a^*b^*$ โดยใช้ Portable Calorimeter (Model HP G 2132 : China) ค่าความหนืดโดยเครื่อง Brookfield (Programmable DV-II+Viscometers, USA) องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) โดยใช้เครื่อง pH Meter (pH Meter CyberScan PC510) ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า และค่าวนคาร์โบไฮเดรต โดยใช้วิธีของ AOAC (2007) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความข้นหนืด ความเรียบเนียน และความชอบโดยรวม ใช้วิธี 9-Point Hedonic Scale Test (Wiryacharee, 2002) โดยนักศึกษาจำนวน 50 คน วางแผนการทดลองการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design (RCBD)) พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย (Means) โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ($p \leq 0.05$) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS)

4. ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ คุณค่าทางโภชนาการและพลังงานทั้งหมดของน้ำสลัด

นำผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยแป้งจากปลายข้าวที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจากข้อ 3 ตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา สแตปฟีโลคอคคัส ออเรียส และเอสเชอริเชีย โคไล (AOAC, 2007) พร้อมกับคำนวณคุณค่าทางโภชนาการและพลังงานทั้งหมดด้วยโปรแกรม Nutrisurvey 2007

5. การสำรวจการยอมรับและความชอบต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำเปรียบเทียบกับน้ำสลัดตำรับพื้นฐาน

ใช้วิธี 9-Point Hedonic Scale Test (Wiriyaacharee, 2002) ประเมินคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความข้นหนืด ความเรียบเนียน และความชอบโดยรวมจากผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพที่เป็นบุคคลทั่วไป รวมทั้งสิ้นจำนวน 100 คน นำข้อมูลวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พร้อมทั้งเปรียบเทียบน้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำกับตำรับพื้นฐาน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (T-test)

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำ โดยศึกษาการใช้แบ่งที่ผลิตจากปลายข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 (Leaung Prataw 123 Rice Flour: LPRF123) และข้าวหอมมะลิ 105 (Thai Jasmine 105 Rice Flour: TJRF105) โดยวิธีการไม่เปียกและไม่ผสม เพื่อทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ แสดงผลดังนี้

1. ผลการศึกษาตำรับพื้นฐานของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้ำสลัดเต้าหู้จากผู้เชี่ยวชาญทางด้านอาหาร จำนวน 5 ท่าน ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale Test ดังตารางที่ 2 พบว่าผู้เชี่ยวชาญทางด้านอาหารให้คะแนนความชอบโดยรวมน้ำสลัดเต้าหู้ตำรับที่ 4 สูงสุด โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความข้นหนืด ความเรียบเนียน และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.20 ± 0.55 , 7.40 ± 0.55 , 7.40 ± 0.45 , 7.80 ± 0.55 , 7.20 ± 0.55 , 7.20 ± 0.55 และ 7.40 ± 0.55 คะแนน ตามลำดับ น้ำสลัดเต้าหู้ตำรับที่ 4 มีสีขาวครีมจากเต้าหู้ล้วนเหลือง เนื่องจากไม่มีมันตาร์ดเป็นส่วนผสม มีกลิ่นหอมของน้ำส้มสายชูหมักจากข้าว ด้านรสชาติของตำรับที่ 4 พบว่า มีรสหวาน เปรี้ยว เค็ม ในปริมาณพอดี มีปริมาณพริกไทยดำปนปริมาณต่ำ ทำให้ไม่เผ็ดร้อนเกินไป และพบว่าน้ำสลัดตำรับพื้นฐานมีความหนืดและความเรียบเนียนไม่แตกต่างกับทุกตำรับ

ตารางที่ 2 คะแนนเฉลี่ยด้านการยอมรับของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ตำรับพื้นฐาน 4 ตำรับ

คุณลักษณะ	คะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส			
	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4
ลักษณะปรากฏ	6.40 ^b ± 0.55	6.80 ^{ab} ± 0.45	7.40 ^a ± 0.45	7.20 ^a ± 0.55
สี	5.60 ^b ± 0.89	6.00 ^b ± 1.23	7.60 ^a ± 0.55	7.40 ^a ± 0.55
กลิ่น	7.00 ^a ± 0.45	6.60 ^a ± 0.55	4.80 ^b ± 1.10	7.40 ^a ± 0.45
รสชาติ	6.80 ^{bc} ± 0.45	7.40 ^{ab} ± 0.55	6.20 ^c ± 0.55	7.80 ^a ± 0.55
ความข้นหนืด ^{ns}	6.80 ± 0.55	7.00 ± 1.34	7.40 ± 0.55	7.20 ± 0.55
ความเรียบเนียน ^{ns}	7.40 ± 0.45	7.00 ± 0.45	7.60 ± 0.55	7.20 ± 0.55
ความชอบโดยรวม	6.40 ^b ± 0.55	6.80 ^{ab} ± 0.45	6.20 ^b ± 0.45	7.40 ^a ± 0.55

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: อักษร a, b และ c ที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ns แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

2. ผลของชนิดปลายข้าวและวิธีการโม่ที่เหมาะสม

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งที่ผลิตจากข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 (LPRF123) และข้าวหอมมะลิ 105 (TJRF105) ที่โม่แบบเปียกและโม่ผสม

ค่าทางเคมี (ร้อยละ)	LPRF123		TJRF105	
	โม่เปียก	โม่ผสม	โม่เปียก	โม่ผสม
ความชื้น	9.47 ^a ± 0.07	9.17 ^c ± 0.06	9.37 ^b ± 0.03	9.30 ^b ± 0.02
โปรตีน	9.98 ^c ± 0.06	10.91 ^a ± 0.10	8.60 ^c ± 0.06	10.12 ^b ± 0.05
ไขมัน ^{ns}	0.23 ± 0.01	0.27 ± 0.01	0.21 ± 0.01	0.30 ± 0.01
เส้นใย	0.53 ^d ± 0.05	0.95 ^a ± 0.03	0.63 ^c ± 0.06	0.78 ^b ± 0.01
เถ้า	0.39 ^b ± 0.01	0.42 ^a ± 0.01	0.38 ^c ± 0.01	0.40 ^b ± 0.01
คาร์โบไฮเดรต ^{ns}	79.8 ± 0.55	77.28 ± 1.87	78.41 ± 0.71	78.21 ± 1.75
อะไมโลส	28.86 ^a ± 0.02	28.82 ^a ± 0.06	16.86 ^c ± 0.12	17.33 ^b ± 0.15

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: อักษร a, b, c และ d ที่แตกต่างกันตามแนวนอนเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ns แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 3 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่าชนิดของแป้งที่ผลิตจากปลายข้าวและวิธีการโม่ที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยแป้งที่ผ่านการโม่เปียกจะมีแนวโน้มของปริมาณความชื้นสูงกว่าการโม่ผสม เนื่องจากในการโม่แบบเปียกจะมีการแช่ข้าวก่อนนำไปโม่พร้อมกับน้ำ ได้เป็นน้ำแป้ง สลัดน้ำออก ได้เป็นก้อนแป้ง จากนั้นอบแห้งและบดให้เป็นผง ส่วนวิธีการโม่ผสมจะแช่ข้าว นำข้าวที่ยังเป็นเมล็ดผ่านการอบ จากนั้นนำไปบดเป็นผง จึงทำให้ใช้ระยะเวลาในการโม่มากกว่า มีผลทำให้เกิดความร้อนในระหว่างการโม่ น้ำที่อยู่ในเมล็ดข้าวจึงระเหยออกไปสูงกว่าข้าวที่ผ่านการโม่เปียกจะเห็นได้ว่าความชื้นของแป้งที่โม่ผสมจะมีความชื้นต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Aichayawanich et al. (2004) อ้างอิง Chen et al. (1999) พบว่าความชื้นของแป้งข้าวเหนียวจะลดลงตามจำนวนรอบของการโม่แห้งที่เพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณความชื้นของแป้งเหล่านี้จะไม่มีผลต่อคุณสมบัติของแป้ง และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแป้ง (Young et al., 1995) ปกติความชื้นของแป้งจะไม่เกินร้อยละ 14 และจากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของ LPRF123 และ TJRF105 ที่ผ่านการโม่แบบเปียกและโม่ผสม พบว่าการโม่แบบเปียกจะมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าโม่ผสม เนื่องจากการโม่เปียกจะมีการแยกน้ำแป้งออก ซึ่งมีผลต่อการสูญเสียโปรตีนบางส่วน แต่การโม่ผสมจะทำการแช่ข้าว ผ่านการอบทำให้แห้งและโม่ ทำให้การสูญเสียโปรตีนน้อยกว่า ส่วนปริมาณไขมันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าระหว่างร้อยละ 0.21-0.30 แสดงให้เห็นว่าการโม่แบบเปียกและโม่ผสมไม่มีผลทำให้ปริมาณไขมันลดลงแตกต่างกัน สอดคล้องกับการรายงานของ Yu et al. (2012) แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงและอะไมโลสต่ำ ไม่มีผลทำให้ปริมาณไขมันแตกต่างกันเช่นเดียวกัน นอกจากนี้วิธีการโม่แบบเปียก มีผลทำให้ปริมาณเส้นใยและเถ้าต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 0.53 ± 0.05 และ 0.38 ± 0.01 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าวิธีการโม่แบบเปียกจะมีผลทำให้เกิดการสูญเสียองค์ประกอบทางเคมีได้มากกว่าการโม่ผสม ดังนั้นจึงทำให้ค่าดังกล่าวมีค่าต่ำกว่าการโม่ผสม

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด พบว่าชนิดของปลายข้าวและวิธีการโม่ที่แตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยข้าวที่นำมาทำการทดลองจะเป็นแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (TJRF105) และปริมาณอะไมโลสสูง (LPRF123) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yu et al. (2012) ทำการศึกษาปริมาณคาร์โบไฮเดรตในแป้งและสตาร์ชระหว่างข้าวปริมาณอะไมโลสที่แตกต่างกัน พบว่าปริมาณอะไมโลสที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกัน

ปริมาณอะไมโลส พบว่า LPRF123 มีปริมาณอะไมโลสสูงสุด คิดเป็นร้อยละระหว่าง 28.82-28.86 โดยแตกต่างจาก TJRF105 ที่มีปริมาณอะไมโลสร้อยละระหว่าง 16.86-17.33 จึงจัดให้ LPRF123 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีปริมาณอะไมโลสสูง และ TJRF105 อยู่ในกลุ่มอะไมโลสต่ำ (Wonsuksee et al., 2005; Phetchalanuwat et al., 2005; Preecha., 2010)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการละลาย กำลังการพองตัว และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแป้งจากปลายข้าวและวิธีการโม่ที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ร้อยละของการละลาย (%Solubility)	กำลังการพองตัว (Swelling Power)	ค่า a_w
LPRF123 โม่เปียก	$4.41^c \pm 0.29$	$15.85^b \pm 0.18$	$0.332^a \pm 0.002$
LPRF123 โม่ผสม	$3.73^d \pm 0.18$	$15.25^c \pm 0.29$	$0.314^d \pm 0.002$
TJRF105 โม่เปียก	$9.63^a \pm 0.20$	$20.40^a \pm 0.18$	$0.321^b \pm 0.001$
TJRF105 โม่ผสม	$8.55^b \pm 0.35$	$20.21^a \pm 0.10$	$0.318^c \pm 0.002$

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: อักษร a, b, c และ d ที่แตกต่างกันตามแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพของแป้งที่ผลิตจากปลายข้าว 2 พันธุ์ โดยวิธีการโม่แบบเปียกและโม่ผสม แสดงผลดังตารางที่ 4 พบว่า TJRF105 มีการละลายและกำลังการพองตัวที่สูงกว่า LPRF123 ทั้งวิธีการโม่แบบเปียกและโม่ผสม เนื่องจากเม็ดแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูง (LPRF123) อะไมโลสส่วนนี้จะเกาะอยู่กับไขมันและจะไปขัดขวางหรือยับยั้งการพองตัว และการเกิดเจลของแป้ง (Lii et al., 1996; Singh et al., 2006) ค่า a_w มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณความชื้น โดยแป้งข้าวที่ผ่านการโม่แบบเปียกจะมีความชื้นหลงเหลืออยู่มากกว่าโม่ผสม ดังนั้นค่า a_w ของแป้งข้าวที่ผ่านการโม่แบบเปียกจึงมีค่าเท่ากับ 0.321-0.332 และ 0.314-0.318 ของแป้งโม่ผสม

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของแป้งที่ผลิตจากปลายข้าว LPRF123 และ TJRF105 ที่ผ่านการโม่แบบเปียกและโม่ผสม ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer

ค่าการวิเคราะห์	LPRF123		TJRF105	
	โม่เปียก	โม่ผสม	โม่เปียก	โม่ผสม
Peak Viscosity (RVU)	$1625^c \pm 18.45$	$1358^d \pm 27.50$	$3488^a \pm 17.52$	$3255^b \pm 18.03$
Trough (RVU)	$1301^c \pm 14.00$	$1040^d \pm 22.34$	$2620^a \pm 8.00$	$2246^b \pm 16.50$
Breakdown (RVU)	$324^c \pm 5.13$	$318^c \pm 5.67$	$868^b \pm 9.54$	$1015^a \pm 7.00$
Final Viscosity RVU)	$2481^c \pm 44.50$	$2229^d \pm 29.28$	$3619^a \pm 12.58$	$3346^b \pm 30.92$
Setback (RVU)	$1180^a \pm 6.81$	$1189^a \pm 9.54$	$999^c \pm 5.86$	$1100^b \pm 5.59$
Peak Time (นาที)	$6.29^a \pm 0.03$	$5.64^d \pm 0.02$	$5.86^c \pm 0.02$	$6.10^b \pm 0.02$
Pasting Temp. (°C)	$89.07^a \pm 0.02$	$84.74^b \pm 0.04$	$76.90^d \pm 0.05$	$82.83^c \pm 0.19$

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: อักษร a, b, c และ d ที่แตกต่างกันตามแนวนอนเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: LPRF123: Leuang Pratew Rice Flour 123

: TJRF105: Thai Jasmine Rice Flour 105

ตารางที่ 5 แสดงค่าความหนืดสูงสุด (Peak Viscosity) พบว่า TJRF105 มีค่าความหนืดสูงสุดมากกว่า LPRF123 โดยแบ่งที่ผลิตจาก TJRF105 ไม่เปียก จะให้ความหนืดสูงสุด เท่ากับ 3488 ± 17.52 RVU รองมาคือ TJRF105 ไม่ผสม เท่ากับ 3255 ± 18.03 RVU ส่วน LPRF123 ที่ผ่านการไม่เปียกและไม่ผสม เท่ากับ 1625 ± 18.45 และ 1358 ± 27.50 RVU ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวที่ปริมาณอะไมโลสต่ำ มีค่าความหนืดสูงสุดสูงที่สุด โดย TJRF105 มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 16-18 และ LPRF123 มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 28-29 แสดงดังตารางที่ 5 ซึ่งข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่างกันมีผลต่อความหนืดสูงสุด นอกจากนี้ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีที่หลงเหลือหลังจากการไม่แตกต่างกัน มีผลต่อค่าความหนืดสูงสุด พบว่า วิธีการไม่เปียกจะมีค่าความหนืดสูงสุดสูงกว่าวิธีการไม่ผสมในแป้งข้าวทั้ง 2 ชนิด และมีค่า Trough, Breakdown และ Final Viscosity สูงกว่า LPRF123 แต่จะมีค่า Setback ต่ำ แสดงถึงการเกิด Retrogradation ต่ำ ถ้าปริมาณอะไมโลสสูง จะแสดงค่า Retrogradation สูงตามไปด้วย จะเห็นได้ว่าค่า Setback และ Retrogradation จะแปรตามปริมาณอะไมโลส จึงมีความสัมพันธ์กับปริมาณอะไมโลส (Lu et al., 2009) ค่าเวลาที่ทำให้เกิดความหนืดสูงสุด (Peak Time) พบว่า LPRF123 ที่ผ่านการไม่เปียกและไม่ผสม มีค่าเท่ากับ 6.29 ± 0.03 และ 5.64 ± 0.02 นาที ตามลำดับ TJRF105 ที่ผ่านการไม่เปียกและไม่ผสม ใช้เวลาเท่ากับ 5.86 ± 0.02 และ 6.10 ± 0.02 นาที ตามลำดับ Pasting Temperature ของ TJRF105 ไม่เปียก เท่ากับ 76.90 ± 0.05 องศาเซลเซียส รองมาคือ TJRF105 ไม่ผสม เท่ากับ 82.83 ± 0.19 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่า LPRF123 มีปริมาณอะไมโลสสูง จะมีค่า Pasting Temperature สูงกว่า TJRF105 เท่ากับ $84.74-89.07$ องศาเซลเซียส

ดังนั้นเมื่อพิจารณาสมบัติด้านความหนืดของ LPRF123 และ TJRF105 ที่ผ่านการไม่แบบเปียก และไม่ผสม จะพิจารณาเลือก TJRF105 โดยมีค่าความหนืดสูงสุดสูงกว่า LPRF123 และเมื่อปล่อยให้เย็น TJRF105 มีค่า Retrogradation ต่ำกว่า LPRF123 และพิจารณาเลือกการไม่ผสม ซึ่งจะใช้น้ำในกระบวนการผลิตน้อยกว่าการไม่เปียก ทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลง และเกิดการสูญเสียผลผลิตบางส่วนไปกับน้ำที่ใช้ในระหว่างกระบวนการน้อยกว่า เนื่องจากน้ำที่ปล่อยออกไปจะเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของน้ำได้เช่นเดียวกัน (Institute of Food Research and Product Development, 1998) อีกทั้งมีความยุ่งยากและซับซ้อนน้อยกว่า ทำให้การผลิตรวดเร็วกว่าการไม่แบบเปียก และมีค่า Peak Viscosity อยู่ระดับสูงรองจากวิธีการไม่เปียก ผู้วิจัยจึงพิจารณาเลือก TJRF105 ไม่ผสม เพื่อใช้ศึกษาปริมาณการทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ต่อไป

3. ผลของปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิ 105 (TJRF105) ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้

นำ TJRF105 ไม่ผสม ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ โดยแปรระดับการทดแทนที่ร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 6-8 ดังนี้

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ที่ทดแทนแป้งข้าวในปริมาณแตกต่างกัน

ปริมาณแป้งข้าว (ร้อยละ)	ค่าสี			ความหนืด (เซนติพอยส์)
	L* (ความสว่าง)	a* แดง(+) - เขียว(-)	b* เหลือง(+) - น้ำเงิน(-)	
0	65.49 ^a ±0.21	0.84 ^a ±0.09	9.85 ^a ±0.28	2,718 ^a ±57.69
20	58.12 ^b ±0.21	0.57 ^b ±0.08	8.60 ^b ±0.10	2,636 ^b ±72.95
40	52.07 ^c ±0.26	0.33 ^c ±0.05	7.97 ^c ±0.15	2,463 ^c ±67.36
60	47.18 ^c ±0.13	-0.73 ^d ±0.15	7.57 ^d ±0.06	2,317 ^d ±81.84
80	44.67 ^d ±0.15	-0.87 ^d ±0.12	6.47 ^d ±0.06	2,280 ^e ±62.41
100	43.13 ^e ±0.21	-1.13 ^e ±0.12	5.67 ^e ±0.12	2,201 ^f ±66.53

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: อักษร a, b และ f ที่แตกต่างกันตามแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 6 พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลแป้งข้าว TJRF105 ในปริมาณเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่า $L^*a^*b^*$ ลดลงตามลำดับ โดยที่ร้อยละ 0 มีค่า $L^*a^*b^*$ สูงสุด เท่ากับ 65.49 ± 0.21 , 0.84 ± 0.09 และ 9.85 ± 0.28 ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อดัดแปลงเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการพองตัวจนสูงสุด เรียกว่า เจลาติไนเซชัน ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะข้นหนืดขึ้น เมื่อปล่อยให้อุณหภูมิลดต่ำลง จะเกิดการคืนตัวของเม็ดแป้ง เรียกว่า รีโทรกราเดชัน มีผลทำให้โมเลกุลอิสระของอะไมโลสเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันและจับตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้เกิดการจับเรียงตัวของโมเลกุลขึ้นใหม่ ถ้าน้ำแป้งสุกมีความเข้มข้นต่ำการจับเรียงตัวของโมเลกุลเหล่านี้จะทำให้เกิดลักษณะตะกอนขุ่นขาว แต่ถ้ามีความเข้มข้นสูงการจับเรียงตัวใหม่จะมีมากและระหว่างเคลื่อนที่เข้ามาจับกันจะสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น (Sutheerawattananon, 2015) แสดงให้เห็นว่าเจลแป้งข้าวที่เติมลงไปจะมีลักษณะทึบแสง มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้มีค่า $L^*a^*b^*$ ลดลง โดยผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ที่ไม่มีการทดแทนแป้งข้าวจะมีลักษณะปรากฏมันวาวของน้ำมันมีสีขาวออกเหลืองจากสีของน้ำมันพืชซึ่งมีแคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุ และสีของน้ำส้มสายชูหมักจากข้าว ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลแป้งข้าวในปริมาณเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏไม่มันวาว ทึบแสง และสีของผลิตภัณฑ์มีสีขาวเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณไขมันลดลง

ค่าความหนืด พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลแป้งข้าว (ที่ร้อยละ 0) มีค่าความหนืดสูงสุด เท่ากับ $2,718 \pm 57.69$ เซนติพอยส์ และความหนืดลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเจลแป้งข้าวตามลำดับ เนื่องจากปริมาณไขมันที่ลดลงจะมีผลต่อความคงตัวและความข้นหนืดของอิมัลชันในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด และ

พบว่าเมื่อตั้งทิ้งไว้ประมาณ 6-8 ชั่วโมง น้ำสลัดที่ไม่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลแบ่งข้าวเริ่มมีการแยกชั้น ในขณะที่น้ำสลัดที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลแบ่งข้าวยังไม่มีการแยกชั้นหรือเปลี่ยนแปลงใดๆ แสดงให้เห็นว่าการนำเจลแบ่งข้าวไปทดแทนไขมันบางส่วนจะช่วยทำให้น้ำสลัดมีความคงตัวมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ที่ทดแทนไขมันด้วย TJRF105 โมผสม ในปริมาณแตกต่างกัน

TJRF105 (ร้อยละ)	คุณภาพทางเคมี (ร้อยละ)					
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เส้นใย ^{ns}	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต
0	38.55 ^f ±0.45	6.26 ^d ±0.07	15.28 ^f ±0.15	1.37±0.12	1.16 ^e ±0.02	37.37 ^a ±0.34
20	52.97 ^e ±0.78	6.38 ^c ±0.02	12.33 ^e ±0.12	1.38±0.23	1.37 ^d ±0.02	25.57 ^b ±0.72
40	55.64 ^d ±0.36	6.47 ^b ±0.02	9.24 ^d ±0.10	1.41±0.15	1.44 ^c ±0.01	25.79 ^b ±0.30
60	59.13 ^c ±0.45	6.50 ^{ab} ±0.02	6.74 ^c ±0.17	1.40±0.12	1.42 ^c ±0.01	24.81 ^{bc} ±0.50
80	63.43 ^b ±0.84	6.53 ^{ab} ±0.03	2.85 ^b ±0.23	1.38±0.03	1.46 ^b ±0.01	24.35 ^{cd} ±0.78
100	66.72 ^a ±0.57	6.56 ^a ±0.01	0.32 ^a ±0.03	1.41±0.15	1.64 ^a ±0.01	23.36 ^d ±0.61

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: อักษร a, b,... และ f ที่แตกต่างกันตามแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 7 แสดงค่าร้อยละปริมาณความชื้น พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ที่ทดแทนไขมันด้วย TJRF105 มีผลทำให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามลำดับจากปริมาณความชื้นร้อยละ 38.55±0.45 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 66.72±0.57 เนื่องจากการเติมน้ำลงไปในช่วงการเตรียมเจลแบ่งข้าวสุก จึงทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น จึงมีผลต่อความชื้นที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ปัจจัยดังกล่าวจึงส่งผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลงตามลำดับ เมื่อเพิ่มปริมาณแบ่งลงในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ ปริมาณโปรตีน และปริมาณเถ้าสูงขึ้น เมื่อการทดแทนเจลแบ่งข้าวเพิ่มขึ้นตามลำดับ เนื่องจากแบ่งจะมีปริมาณโปรตีนและเถ้า (ตารางที่ 5) ร้อยละ 10.12 และ 0.40 แต่มีผลทำให้ปริมาณไขมันลดลงตามลำดับ จากปริมาณไขมันร้อยละ 15.28±0.15 ลดลงเป็นร้อยละ 0.32±0.03 เนื่องจากการเพิ่มปริมาณเจลแบ่งข้าวในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ มีผลทำให้ปริมาณไขมันที่เป็นส่วนผสมลดลงตามลำดับเช่นเดียวกัน และปริมาณเส้นใยพบว่าทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 8 พบว่า ด้านลักษณะปรากฏที่ร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าคะแนนระหว่าง 7.58-7.86 คะแนน อยู่ในระดับความชอบมากถึงมากที่สุด และที่ร้อยละ 100 มีค่าคะแนนต่ำสุด เท่ากับ

7.04±0.83 คะแนน อยู่ในระดับความชอบปานกลาง แสดงให้เห็นว่าการทดแทนเจลแข็งขาวที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคลดลง เนื่องจากปริมาณแข็งเมื่อเพิ่มมากเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏที่ไม่เรียบเนียน มีฟองอากาศเล็กน้อย และมีลักษณะไม่มันเงา เนื่องจากมีปริมาณน้ำมันลดลง ส่วนด้านสีพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน หรือไม่สามารถบอกความแตกต่างได้ เมื่อมีการทดแทนเจลแข็งขาวที่ต่างกัน มีค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 7.44-7.74 คะแนน แต่สามารถบอกความแตกต่างของกลิ่น โดยที่ร้อยละ 0, 20 และ 40 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 7.24-7.52 คะแนน อยู่ในระดับความชอบมาก และค่าคะแนนความชอบจะลดลงเมื่อทดแทนเจลแข็งขาวเพิ่มขึ้น พบว่าที่ร้อยละ 0, 20 และ 40 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าอยู่ระหว่าง 7.62-7.76 คะแนน แสดงให้เห็นว่าเมื่อทดแทนเจลแข็งขาวสูงขึ้นมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเป็นอิมัลชันน้อยลง ลักษณะของน้ำสลัดจะเริ่มมีฟองอากาศ เนื้อสัมผัสไม่เรียบเนียนและมันวาว ส่งผลต่อความเรียบเนียนไปในทิศทางเดียวกัน โดยน้ำสลัดเต้าหู้ที่ไม่มีการทดแทนเจลแข็งขาวจะมีความหนืด 2,718±57.69 เซนติพอยส์

ตารางที่ 8 คะแนนเฉลี่ยด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ที่มีการทดแทนไขมันด้วย TJRF105 ในปริมาณแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ค่าคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส					
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 20	ร้อยละ 40	ร้อยละ 60	ร้อยละ 80	ร้อยละ 100
ลักษณะปรากฏ	7.86 ^a ±0.67	7.68 ^a ±0.68	7.62 ^a ±0.73	7.58 ^{ab} ±0.72	7.28 ^{bc} ±0.78	7.04 ^c ±0.83
สี ^{ns}	7.74±0.63	7.70±0.65	7.70±0.72	7.62±0.64	7.52±0.68	7.44±0.84
กลิ่น	7.34 ^{ab} ±0.69	7.52 ^a ±0.94	7.24 ^{ab} ±0.76	7.14 ^b ±1.03	6.62 ^c ±0.73	6.28 ^d ±1.01
รสชาติ	7.54 ^a ±0.73	7.44 ^a ±0.64	7.38 ^{ab} ±0.61	7.02 ^b ±0.76	6.38 ^c ±1.15	5.50 ^d ±0.89
ความข้นหนืด	7.76 ^a ±0.74	7.68 ^{ab} ±0.68	7.62 ^{ab} ±0.73	7.40 ^{bc} ±0.76	7.26 ^c ±0.83	7.12 ^c ±1.12
ความเรียบเนียน	7.48 ^a ±0.65	7.42 ^a ±0.70	7.28 ^{ab} ±0.54	7.10 ^b ±0.84	7.00 ^b ±0.95	6.24 ^c ±0.63
ความชอบโดยรวม	7.50 ^a ±0.71	7.42 ^{ab} ±0.70	7.38 ^{ab} ±0.66	7.18 ^b ±0.66	6.86 ^c ±0.73	6.06 ^d ±0.71

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: อักษร a, b, c และ d ที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

: ns แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ความชอบโดยรวม พบว่าการทดแทนเจลแป้งข้าวที่ร้อยละ 0, 20 และ 40 ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูงไม่แตกต่างกัน แต่จะพิจารณาเลือกการทดแทนเจลแป้งที่ร้อยละ 40 เนื่องจากเป็นปริมาณสูงสุดที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับไม่แตกต่างกับน้ำสลัดที่ไม่มีการทดแทนเจลแป้งข้าว (ร้อยละ 0) อีกทั้งพบว่าปริมาณเจลแป้งข้าวที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า pH แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีค่าอยู่ระหว่าง 3.33-3.48 เนื่องจากแป้งข้าวเจ้ามี pH เท่ากับ 6.27 (Sarabood, 2009) จึงทำให้น้ำสลัดเต้าหู้มีค่า pH สูงขึ้นตามลำดับ

4. ผลคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ คำนวนคุณค่าทางโภชนาการและพลังงานทั้งหมดของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำ

จากตารางที่ 9 แสดงคุณภาพกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำ โดยมีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 51.87 ± 0.28 , 0.35 ± 0.07 และ 7.56 ± 0.15 ตามลำดับ ความหนืด เท่ากับ $2,435 \pm 86.53$ เซนติพอยส์ มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย แฉ่ำ และคาร์โบไฮเดรต คิดเป็นร้อยละ 55.56 ± 0.34 , 6.28 ± 0.03 , 9.16 ± 0.05 , 1.41 ± 0.10 , 1.47 ± 0.03 และ 26.12 ± 0.50 ตามลำดับ มีค่า pH เท่ากับ 3.38 ± 0.01 และผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ที่ทดแทนไขมันด้วยเจลแป้งข้าวหอมมะลิที่ร้อยละ 40 มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค เนื่องจากมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำสลัด (Thai Industrial Standard Institute 672, 2004) รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการและพลังงานทั้งหมดของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้พื้นฐานกับพลังงานต่ำ แสดงดังตารางที่ 10 พบว่าการทดแทนไขมันด้วยเจลแป้งข้าวหอมมะลิ 105 ที่ร้อยละ 40 สามารถลดพลังงานจาก 391.40 เป็น 297.40 กิโลแคลอรี และปริมาณไขมันลดลงจาก 35.70 เป็น 21.90 กรัม อีกทั้งมีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต โยอาหาร โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส และธาตุเหล็ก สูงกว่าน้ำสลัดเต้าหู้ดำรับพื้นฐาน เนื่องจากสารอาหารเหล่านี้มีอยู่ในแป้งข้าว จึงทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 9 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำ

การวิเคราะห์คุณภาพ		ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำ
ด้านกายภาพ	ค่า L*	51.87±0.28
	ค่า a*	0.35±0.07
	ค่า b*	7.56±0.15
	ค่าความหนืด (เซนติพอยส์)	2435±86.53
ด้านเคมี	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.38±0.01
	โปรตีน (ร้อยละ)	6.28±0.03
	ไขมัน (ร้อยละ)	9.16±0.05
	เส้นใย (ร้อยละ)	1.41±0.10
	เถ้า (ร้อยละ)	1.47±0.03
	ความชื้น (ร้อยละ)	55.56±0.34
	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	26.12±0.50
	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	น้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัม
ด้านจุลินทรีย์	ยีสต์และรา (CFU/g)	น้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัม
	<i>S. aureus</i>	ไม่พบ
	<i>E. coli</i> (MPN/g)	ไม่พบ

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 10 ผลการคำนวณคุณค่าทางโภชนาการและพลังงานทั้งหมด (100 กรัม)

คุณค่าทางโภชนาการ และพลังงานทั้งหมด	น้ำสลัดดำรับพื้นฐาน	น้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำ
พลังงาน (Energy)	391.40 กิโลแคลอรี	297.40 กิโลแคลอรี
น้ำ (Water)	43.00 กรัม	43.90 กรัม
โปรตีน (Protein)	1.70 กรัม	2.20 กรัม
ไขมัน (Fat)	35.70 กรัม	21.90 กรัม
คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)	18.10 กรัม	24.40 กรัม
ใยอาหาร (Dietary Fiber)	0.10 กรัม	0.30 กรัม
โซเดียม (Sodium)	407.10 มิลลิกรัม	407.40 มิลลิกรัม
โพแทสเซียม (Potassium)	80.70 มิลลิกรัม	86.70 มิลลิกรัม
แคลเซียม (Calcium)	13.50 มิลลิกรัม	15.30 มิลลิกรัม
แมกนีเซียม (Magnesium)	-	-
ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	33.00 มิลลิกรัม	43.50 มิลลิกรัม
เหล็ก (Iron)	0.60 มิลลิกรัม	0.80 มิลลิกรัม
สังกะสี (Zinc)	0.20 มิลลิกรัม	0.20 มิลลิกรัม

5. ผลการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำเปรียบเทียบกับน้ำสลัดดำรับพื้นฐาน

ผลการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำที่ทดแทนไขมันด้วยเจลแบ่งที่ผลิตจากปลายข้าวหอมมะลิ 105 ที่ร้อยละ 40 จากผู้บริโภคนจำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับทุกคุณลักษณะ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 คะแนนเฉลี่ยด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ดำรับพื้นฐานกับน้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำ (n=100)

คุณลักษณะ ^{ns}	ค่าเฉลี่ยการทดสอบ	
	น้ำสลัดเต้าหู้ดำรับพื้นฐาน	น้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำ
ลักษณะปรากฏ	7.47±0.63	7.38±0.78
สี	7.33±0.74	7.29±0.86
กลิ่น	7.38±0.71	7.41±0.77
รสชาติ	7.38±0.62	7.33±0.65
ความข้นหนืด	7.26±0.65	7.29±0.72
ความเรียบเนียน	7.40±0.64	7.36±0.63
ความชอบโดยรวม	7.41±0.59	7.33±0.64

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ns แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยนี้ได้ทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ดำรับพื้นฐาน ซึ่งประกอบด้วย เต้าหู้ถั่วเหลือง 200 กรัม น้ำส้มสายชูหมักจากข้าว 120 กรัม น้ำมันสลัด 235 กรัม น้ำตาลทราย 114 กรัม เกลือป่น 7 กรัม และพริกไทยดำป่น 1.60 กรัม เป็นดำรับที่ได้รับการยอมรับในระดับชอบมากที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีขาวครีม มีกลิ่นของน้ำส้มสายชูหมักจากข้าว มีรสชาติเปรี้ยว เค็ม หวาน และความข้นหนืดอยู่ในระดับพอดี มีพริกไทยดำป่นปรากฏในน้ำสลัดปริมาณเล็กน้อย และศึกษาชนิดของปลายข้าวและวิธีการโม่ที่เหมาะสม พบว่า แป้งข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 จัดเป็นกลุ่มที่มีปริมาณอะไมโลสสูง (ร้อยละ 28-32) และพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 จัดเป็นกลุ่มที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (ร้อยละ 10-19) (Wonsuksee et al., 2005; Preecha., 2010) และเมื่อผ่านการโม่แบบเปียกและโม่ผสม ส่งผลต่อการหลงเหลือขององค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้าแตกต่างกัน โดยพบว่าการโม่แบบเปียกจะทำให้ องค์ประกอบทางเคมีหลงเหลือน้อยกว่าการโม่ผสม เนื่องจากมีการสูญเสียองค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวระหว่างกระบวนการผลิต และการหลงเหลือที่ต่างกันย่อมส่งผลต่อคุณสมบัติด้านต่างๆ แตกต่างกันเช่น

เดียวกัน ได้แก่ การละลาย การพองตัว ความหนืด และการคืนตัว เป็นต้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hirunyupakorn et al. (2000) พบว่าแป้งข้าวหอมมะลิที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำสุด จะมีความหนืดของการพองตัวสูงสุด ส่วนปริมาณโปรตีน พบว่าโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำจะเกาะติดอยู่ที่ผิวของเม็ดแป้งและเมื่อน้ำแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิการเกิดเจลลิตในเซชัน โปรตีนจะไปอุดตันตามผิวเม็ดแป้ง น้ำจึงแพร่เข้าสู่ภายในเม็ดแป้งยากขึ้น มีผลต่อการพองตัว และความหนืดของน้ำแป้งลดลง (Chiang & Yeh, 2002) ไขมันจะพบในปริมาณน้อยมาก โดยจะไปแทรกอยู่ระหว่างเกลียวอะไมโลส จะไปขัดขวางการละลายน้ำ ส่งผลให้เม็ดแป้งพองตัวลดลง (Aichayawanich, 2002) สอดคล้องกับรายงานของ Chaing & Yeh (2002) ได้ทำการไม่เปียกแป้งข้าวเจ้าพันธุ์อินดิกา โดยนำข้าวมาแช่ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 168 ชั่วโมง ก่อนทำการไม่เปียก พบว่าปริมาณโปรตีนและไขมันของแป้งข้าวเจ้าไม่เปียกลดลงจากปริมาณเดิมของวัตถุดิบ ซึ่งแป้งที่มีปริมาณโปรตีนและไขมันลดลง จะมีความหนืดสูงขึ้น เมื่อวัดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) อีกทั้งมีผลต่อ Peak Viscosity, Though, Breakdown, Final Viscosity, Setback, Peak Time และ Pasting Temperature ซึ่งเป็นดัชนีในการพิจารณาเลือกแป้งจากปลายข้าวให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ จากผลการทดลองพบว่าแป้งที่ผลิตจากปลายข้าวหอมมะลิ 105 มีความเหมาะสมมากกว่าข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 เนื่องจากแป้งที่มีอะไมโลสสูงจะมีการพองตัวต่ำ ซึ่งอะไมโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น มีผลต่อการพองตัว การละลายต่ำ และการคืนตัวสูง ย่อมแสดงค่าความหนืดสุดท้ายสูง (Final Viscosity) เช่นเดียวกัน (Leach et al., 1959; Wongpreedee, 2009) ส่วนแป้งข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำจะมีกำลังการพองตัวค่าความหนืดสูงสุด ค่าความคงทนต่อการกรวน (Though) และค่าการแตกตัว (Break Down) สูง ส่วนค่าการคืนตัว (Setback) ต่ำสุด ค่าดังกล่าวเป็นผลมาจากอะไมโลเพคตินมีโครงสร้างเป็นกิ่งก้านสาขาและน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่าอะไมโลส ทำให้ทนต่อแรงเฉือนและอาจเป็นไปได้ว่าอะไมโลเพคตินที่มีความยาวพันธะกิ่งก้านเกิดลักษณะเช่นเดียวกับอะไมโลส กล่าวคือ เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไลปิดได้เป็นโครงสร้างเกลียว ทำให้โมเลกุลภายในเม็ดแป้งเกิดการจับกันอย่างเหนียวแน่นจึงทนต่อแรงเฉือน (Jane et al., 1999) และเมื่อพิจารณา Pasting Temperature ซึ่งเป็นอุณหภูมิเริ่มเกิดความร้อน พบว่า อุณหภูมิการเกิดเจลลิตในเซชันของแป้งกลุ่มอะไมโลสต่ำมีค่าระหว่าง 76.90-82.83 องศาเซลเซียส ส่วนกลุ่มที่มีอะไมโลสสูง มีอุณหภูมิระหว่าง 84.74-89.07 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง มีค่า Pasting Temperature สูง เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสที่ต่ำ เนื่องจากข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงมีโอกาสเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไขมัน ทำให้โมเลกุลอะไมโลสมีลักษณะเป็นเกลียวม้วน มีผลทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิที่ทำให้เกิดเจลลิตในเซชันจึงสูงกว่าแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (Yu et al., 2012 ; Wonsuksee et al., 2005) จึงมีผลทำให้เวลาที่ความหนืดสูงสุด (Peak Time) ของแป้งข้าวที่มีอะไมโลสสูงมีการใช้เวลาที่ทำให้เกิดความหนืดสูงสุดสูงกว่าแป้งข้าวกลุ่มที่มีอะไมโลสต่ำเช่นเดียวกัน

จากคุณสมบัติดังกล่าวพิจารณาเลือกแบ่งข้าวหอมมะลิ 105 ที่เป็นกลุ่มที่มีอะไมโลสต่ำ และผ่านการไม่ผสม เนื่องจากเป็นการลดปริมาณน้ำทิ้งในกระบวนการผลิต และมีความหนืดสูงสุดอยู่ในระดับสูง เมื่อนำไปทดแทนไขมันในน้ำสลัดเต้าหู้ พบว่าการทดแทนที่ร้อยละ 40 ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับและเหมาะสมที่สุด เนื่องจากในตัวของเจลแบ่งข้าวมีกลิ่นหอมเฉพาะของข้าวประกอบกับน้ำสลัดที่ทำการศึกษามีส่วนผสมของเต้าหู้ถั่วเหลือง ซึ่งมีกลิ่นถั่ว มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นฉุนมากขึ้น จึงทำให้การทดแทนไขมันด้วยเจลแบ่งข้าวในปริมาณเพิ่มขึ้นมีผลทำให้การยอมรับลดลง โดยผลิตภัณฑ์มีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 51.87 ± 0.28 , 0.35 ± 0.07 และ 7.56 ± 0.15 ตามลำดับ pH เท่ากับ 3.38 ± 0.01 ค่าความหนืด เท่ากับ $2,435 \pm 86.53$ เซนติพอยส์ จะเห็นได้ว่ามีความหนืดน้อยกว่าน้ำสลัดไขมันเต็มที่มีความหนืดเท่ากับ 27,745.00 เซนติพอยส์ (Sanguanpong et al., 2002) เนื่องจากน้ำสลัดไขมันเต็มมีส่วนผสมที่ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดี คือ ไข่แดง แต่ในน้ำสลัดเต้าหู้จะมีส่วนผสมของเต้าหู้ถั่วเหลืองเป็นหลัก ไม่มีส่วนผสมของไข่แดง และมัสตาร์ด ซึ่งทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ มีเพียงเต้าหู้ถั่วเหลืองที่ผลิตจากถั่วเหลืองแห้ง ซึ่งมีปริมาณเลซิทีน 2.11 มิลลิกรัม (Thoungkaew & Sacholveechar, 2001) เมื่อนำมาผลิตเต้าหู้ถั่วเหลืองจึงทำให้เลซิทีนสูญเสียไปบางส่วนเนื่องจากกระบวนการผลิต ดังนั้นน้ำสลัดเต้าหู้จึงมีความหนืดน้อยกว่าน้ำสลัดชนิดไขมันเต็มตามท้องตลาดทั่วไป โดยมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย แลคโตและคาร์โบไฮเดรต คิดเป็นร้อยละ 55.56 ± 0.34 , 6.28 ± 0.03 , 9.16 ± 0.05 , 1.41 ± 0.10 , 1.47 ± 0.03 และ 26.12 ± 0.50 ตามลำดับ ปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด อีกทั้งสามารถลดพลังงานจาก 391.40 เป็น 297.40 กิโลแคลอรี และปริมาณไขมันลดลงจาก 35.70 เป็น 21.90 กรัม มีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต โยอาหาร แร่ธาตุ (โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัสและธาตุเหล็ก) สูงกว่าน้ำสลัดเต้าหู้ดำรับพื้นฐาน เนื่องจากสารอาหารเหล่านี้พบอยู่ในแบ่งข้าว เมื่อนำมาทดแทนไขมันจึงทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น และกลุ่มผู้บริโภคมีการยอมรับไม่แตกต่างกันกับผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ดำรับพื้นฐาน

ข้อเสนอแนะ

1. ก่อนนำเต้าหู้ถั่วเหลืองมาผลิต ควรมีการฆ่าเชื้อก่อนนำไปใช้ เช่น การลวก หรือการนึ่ง เพื่อให้ยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้
2. เต้าหู้ถั่วเหลือง จะมีน้ำในตัวผลิตภัณฑ์สูง ก่อนชั่งน้ำหนัก ควรพักให้สะเด็ดน้ำ เพื่อให้น้ำหนักที่นำไปใช้เที่ยงตรง เนื่องจากมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์
3. ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้จะมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าน้ำสลัดชนิดอื่น จึงจำเป็นต้องเก็บรักษาโดยการแช่เย็น (อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส)

References

- Aichayawanich, S. (2002). *Approach to Improve the Rheological Properties of Dry-milled Rice Flour*. (Master's thesis, Mahasarakham university, Mahasarakham). Retrieved from http://tdc.thailis.or.th/tdc/search_result.
- Aichayawanich, S., Nopharatana, M. & Vongsawasdi, P. (2004). Chemical, Physical and Rheological Properties of Commercial Wet-milled and Dry-milled Rice Flour. *Journal of Research and Development*, 27(3), 357-374.
- AOAC. (2007). *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 18th edition. the Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- Banjong, W. (2007). *Development of Low Cholesterol Salad Dressing*. Kasetsart University Retrieved from http://tdc.thailis.or.th/tdc/search_result.php.
- Bunma, P., Suwanluk, J., Punyathitiphong, W. & Pamongkon, P. (2010). *Development of Tofu Salad Dressing for Healthy*. Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok.
- Chen, J.J., Lu, S. & Lii, C.Y. (1999). Effect of Milling on the Physicochemical Characteristics of Waxy Rice in Taiwan. *Cereal Chemistry*, 76(5), 796-799.
- Chiang, P.Y. & Yeh, A.I. (2002). Effect of Soaking on Wet-milling of Rice. *Journal of Cereal Science*, 35, 85-94.
- Hirunyupakorn, W., Kongsaree, N., Arrayarungsarit, L., Mongkonbunjong, P. & Phatcharanuwat, C. (2000). Physicochemical properties 8 types of rice. *Journal of Agriculture*, 18(2), 164-169.
- Hongwiwat, T. (2008). *Salad Dressing and Sauce*. Bangkok: Sangdad Publishing.
- Hunshin, J., Phromchub, R., Prasongsuk, A., Nambut, S., Thongkhaw, P., Phutakasam, S. & Chaisawat, S. (2011). *Delicious of healthy salad dressing*. Bangkok: Maeban Publishing.
- Institute of Food Research and Product Development. (1998). *Development for increase Industry of noodle and Khanom Jeen by using clean technologies*. Kasetsart University, pp. 14-51.

- Jane, J., Chen, Y. Y., Lee, L. F., McPherson, A. E., Wong, K. S., Radosavljevic, M. & Kasemsuwan, T. (1999). Effects of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting Properties of Starch. *Cereal Chemistry*, 76(5), 629–637.
- Juliano, B.O. (1971). A Simplified Assay for Milled-Rice Amylose. *Cereal Science Today*, 16, 334-338.
- Leach, H.W., McCowen, L.D. & Scoch, T.J. (1959). Structure of Starch Granule Swelling and Solubility Patterns of Various Starches. *Cereal Chem.*, 36, 534-544.
- Lii, C.Y., Tsai, M-L. & Tseng, K-H. (1996). Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. *Cereal Chem.*, 73(4), 415-420.
- Lu, Z-H., S,T., Li, Y-Y., Yoshihashi, T., Li, L-T. & Kohyama, K. (2009). Effect of amylose content and rice type on dynamic viscoelasticity of a composite rice starch gel. *Food hydrocolloid*, 23, 1712-1719. DOI : 10.1016/j.foodhyd. 2009.01.009.
- Department of Health. (1992). *Office of Nutrition*, Ministry of Public Health. Nonthaburi.
- Phetchalanuwat, C., Sudtasarn, K., Phekawut, P. and Wattakawigran, S. (2005). Chemical and physical characters of rice flour in types of milling. *Proceedings of the 3rd postharvest and post production technology conference*. Retrieved http://agkb.lib.ku.ac.th/ku/search_detail/result/163824.
- Preecha, R. (2010). *Rice flour Cookie from Wet and Dry milling*. Reseach and Development of Rice Product Processing (2540-2550). Phatthalung Rice Research CenterRice Department. pp. 95-205.
- Rattanapanone, N. (2010). *Food Chemistry*. Bangkok: Publisher Odeon Store.
- Sakunkaew, M. (2000). *Mayonnaise from Soft Soybean Tofu*. Department of food and nutrition. Faculty of Home Economic Technology. Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok.
- Sanguanpong, W., Chothineranat, S., Piyajomkrun, K. & Srirot, K. (2002). Utilization of small-particle cassava starch as fat replacer in salad dressing. *Proceeding 40th Kasetsart University Annual Conference*. Retrieved http://kukr.lib.ku.ac.th/ku_proceed/KUCON/search_detail/result/8136.

- Sarabood, N. (2009). *Physicochemical and Rheological of Low-fat Salad Dressings from a Mixture of Waxy Flour, Rice Flour and Cornstarch*. (Thesis). Master degree of Food Science and Technology . Mahasarakrm university. Retrieved http://tdc.thailis.or.th/tdc/search_result.
- Schoch, T. J. (1964). Swelling power and solubility of granular starches, pp. 106-108 In R. L Whistler, R. J. Smith and J. N. BeMiller (eds.). *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Vol.IV, New York:
- Singh, N., Kaur, L., Sandhu-S. K., Kaur. J. & Nishinari, K. (2006). Relationships between physico chemical, morphological, thermal, rheological properties of rice starches. *Food Hydro colloids*, 20, 532-542.
- Srimoung, P. (2009). *Nutrition*. Suan Dusit Rajabhat University, Bangkok.
- Sutheerawattananon, M. (2015). *Increase of resistant starch in rice pasta products*. Nakhon Ratchasima: Program in Food Technology. Institute of Agricultural Technology. Suranaree University of Technology.
- Thai Industrial Standards Institute 672. (2004). *Salad dressing*. Retrieved http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps672.47.pdf.
- Thoungkaew, S. & Sacholveechan, V. (2001). *Soy bean: The Magical plant of the land*. Bangkok: The Local People.
- Wiriyacharee, P. (2002). *Sensory Evaluation*. Department of Product Development, Faculty of Agro – Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai.
- Wongpreedee, P. (2009). *Process Development of Cold Water Soluble Rice Starch Production*. (Thesis). Master degree of Food Science Technology, Mahasarakrm university. Retrieved http://tdc.thailis.or.th/tdc/search_result.
- Wonsuksee, R., Ninjun, B., Piyajomkrun, K., Suntisopasee, W., Phatcharanuwat, C. and Srirot, K. (2005). The relationship of the physico chemical properties and molecular structure of the starch grain. *Proceedings of 43th Kasetsart University Annual Conference*. Retrieved http://agkb.lib.ku.ac.th/ku/search_etail/result/9400.
- Young, I.K., Kum, J.S & Kim, K.S. (1995). Effect of different milling method of rice flour on quality characteristic of jeungpyun. *Journal of Korean Society of Food Science*, 11(3), 213-219.

Yu, S., Ma, Y., Menager, L. & Sun, D-W. (2012). Physicochemical properties of starch and flour from different rice cultivars. *Food Bioprocess Technol.* 5, 626-657. DOI: 10.1007/s11947-010-0330-8.

Translated Thai Reference

- กรมอนามัย. (2535). สำนักโภชนาการ กระทรวงสาธารณสุข. นนทบุรี. จำลองลักษณะ หุ่นขึ้น, รุ่งทิพย์ พรหมทรัพย์, อภิสิทธิ์ ประสงค์สุข, สุธาสิณี นามบุตร, ปราโมทย์ ทองขาว สุระโยธิน พุทธเกษม และสุบรรณ ชัยสวัสดิ์. (2554). *น้ำสลัดอร่อยเพื่อสุขภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แม่บ้าน จำกัด.
- ไชยรัตน์ เพ็ชรชลาวัฒน์, ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, กฤษณา สุตทะสาร, ปณิตดา เภกะสุด, สุธีรา มูลศรี และ สมเกียรติ วัฒนกิจรานต์. (2548). คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของแป้งข้าวเมื่อไม่ด้วยวิธี ต่างๆ. *การสัมมนาทางวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว/หลังการผลิตแห่งชาติ ครั้งที่ 3*. สืบค้น จาก http://agkb.lib.ku.ac.th/ku/search_detail/result/163824.
- ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์. (2551). *น้ำสลัดและซอส*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แสงแดด จำกัด.
- นิธิยา รัตนพานนท์. (2553). *เคมีอาหาร*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- พจนีย์ บุญมา, จอมขวัญ สุวรรณรักษ์, วรลักษณ์ ปัญญาธิพิงศ์ และปรัชญา แพนงคล. (2553). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดข้นจากเต้าหู้เพื่อสุขภาพ*. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระนคร. กรุงเทพฯ.
- พัทธนันท์ ศรีม่วง. (2552). *โภชนศาสตร์*. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. กรุงเทพฯ.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. (2545). *การประเมินทางประสาทสัมผัส*. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขิตผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มนตรี สกุลแก้ว. (2543). *มายองเนสจากเต้าหู้ถั่วเหลืองชนิดอ่อน*. คหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาอาหารและ โภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). *น้ำสลัด*. สืบค้นจาก http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps672_47.pdf.
- มานอญ์ สุธีพัฒนานนท์. (2558). *การเพิ่มปริมาณแป้งต้านทานการย่อยในผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวเจ้า*. สาขา วิชา เทคโนโลยีอาหาร, สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.

- รุจิรา ปรีชา. (2550). *ขนมคุกก็จากแป้งข้าวชนิดไม่เปียกและไม่แห้ง*. ผลงานวิจัยและพัฒนารูปแบบการผลิตข้าว ระหว่าง พ.ศ. 2540-2550. ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. หน้า 195-205.
- รุ่งทิพา วันสุขศรี , บุญทิพา นิลจันทร์, เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, วิไล สันติโสภาคศรี, ไชยรัตน์ เพ็ชรชลาณวัฒน์ และ กล้าณรงค์ ศรีรอด. (2548). ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีฟิสิกส์และโครงสร้างระดับโมเลกุลของ สตार्ชข้าว. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43*. สืบค้นจาก http://agkb.lib.ku.ac.th/ku/search_detail/result/9400.
- วรางคณา สงวนพงษ์ , สุนีย์ โชตินิรนาท, เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, และกล้าณรงค์ ศรีรอด. การใช้อุณหภูมิเป็นส่ปะหลังขนาดเล็กในการเป็นการทดแทนไขมันในน้ำสลัด. *การประชุมทาง วิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40*. สืบค้นจาก http://kukr.lib.ku.ac.th/ku_proceed/KUCON/search_detail/result/8136.
- วัลลภ บรรจง. (2550). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดชั้นคอเลสเทอรอลต่ำ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สืบค้นจาก http://tdc.thailis.or.th/tdc/search_result.php.
- วิชัย หิรัญยูปกรณ์, งามชื่น คงเสรี, ลือชัย อารยะรังษฤษฎ์, ประนอม มงคลบรรจง และ ไชยรัตน์ เพ็ชรชลาณวัฒน์. (2543). คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวสารจำนวน 8 สายพันธุ์. *วารสารวิชาการเกษตร*. 18(2), หน้า 164-169.
- สวณิต อิชยาวณิษฐ์. (2545). *แนวทางการปรับปรุงคุณสมบัติทางรีโอโลยีของแป้งข้าวเจ้าไม่แห้ง*. (วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. สืบค้นจาก http://tdc.thailis.or.th/tdc/search_result.php.
- สุมาลี ทองแก้ว และ วลัยทิพย์ สาชลวิจารณ์. (2544). *ถั่วเหลืองพืชมหัศจรรย์ของแผ่นดิน*. กรุงเทพฯ: หมอชาวบ้าน.
- หนูเดือน สาระบุตร. (2552). *คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และรีโอโลยีของน้ำสลัดไขมันต่ำที่ผลิตจากส่วนผสม ของแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวโพด*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัย มหาสารคาม, สาขาเทคโนโลยีการอาหาร. สืบค้นจาก http://tdc.thailis.or.th/tdc/search_result.php.

คณะผู้เขียน

อาจารย์พรทิว ธนสัมบัณณ์

โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี

57 หมู่ 2 ถนนสุพรรณ-ป่าโมก ต.โคกโคเฒ่า อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี 72000

e-mail: kob_fst1977@hotmail.com

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี

โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

295 ถนนนครราชสีมา เขตดุสิต แขวงดุสิต กรุงเทพฯ 10300

e-mail: pi_suwanna@hotmail.com