คุณภาพของแป้งมันสำปะหลังออกเทนิลซัคซิเนต และการใช้ประโยชน์ในน้ำสลัดไขมันต่ำ

Quality of Octenyl Succinylated Cassava Starch and Its Utilization in Reduced-Fat Salad Dressing

ภาวิณี ศิลาเกษ*

Pawinee Silaket*

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

Biology Programme, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University

Received : 12 June 2017

Accepted : 6 July 2017

Published online : 2 August 2017

บทคัดย่อ

ศึกษาสมบัติทางกายภาพของแป้งมันสำปะหลังออกเทนิลซัคซิเนต (OSCS) ที่มีระดับการแทนที่เท่ากับ 0.005 0.010 และ 0.015 ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบสมบัติต่างๆ ของแป้งมันสำปะหลัง (NCS) ได้แก่ ลักษณะพื้นผิวอนุภาคแป้ง ร้อยละการละลาย และค่าความใส พบว่าพื้นผิวของ OSCS จะขรุขระและเกิดรูเล็กๆ เพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มระดับการแทนที่แป้ง OSCS ที่มีระดับการแทนที่ 0.015 มีค่าร้อยละการละลายมากที่สุดเมื่ออุณหภูมิทดสอบเท่ากับ 85 องศาเซลเซียส ส่วนค่าความใส OSCS จะมีร้อยละการส่องผ่านของแสงเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มหมู่ออกเทนิลซัคซินิล และ OSCS ที่ระดับการแทนที่ 0.015 มีร้อยละการส่องผ่านของแสงมากที่สุด (p <0.05) เมื่อผลิตน้ำสลัดไขมันต่ำโดยลดปริมาณไข่แดงลงตั้งแต่ร้อยละ 30 ไปจนถึงร้อยละ 80 และใช้ OSCS ทดแทนไข่แดง พบว่าสูตรที่ใช้ OSCS ที่ร้อยละ 0.1 (โดยน้ำหนัก) และลดปริมาณไข่แดงลงร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสและมีสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับน้ำสลัดสูตรควบคุม

คำสำคัญ : แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันสำปะหลังออกเทนิลซัคซิเนต น้ำสลัดไขมันต่ำ

*Corresponding author. E-mail : spawinee@yahoo.com

Abstract

The study on physical properties (surface granules, solubility and paste clarity) of three differences degree of substitution (DS) octenyl succinylated cassava starch (OSCS; DS value 0.005, 0.010 and 0.015) and native cassava starch (NCS) were carried out. The OSCS granules exhibited slightly rough surfaces and the sides of these granules were porous. More cavities on surface of OSCS were observed when degree of substitution increased. The highest solubility was found in OSCS with DS 0.015 at temperature of 85 ˚C. Paste clarity of OSCS had significantly increased (p <0.05) with increasing of octenyl succinyl group and OSCS with DS value 0.015 had the highest paste clarity. Applications of OSCS in salad dressing by reducing of the egg yolk in the range of 30% – 80 % were tested. The result showed that using of OSCS at 0.1% by weight in 30% reduced egg yolk salad dressing had similar physical properties with control, and was accepted by the panelists.

Key words: native cassava starch, octenyl succinylated cassava starch, reduced - fat salad dressing

บทนำ

การใช้ประโยชน์จากแป้งในอุตสาหกรรมอาหารมีมาเป็นเวลานาน โดยเฉพาะการใช้แป้งเพื่อให้ความหนืดและเพิ่มความคงตัวแก่ผลิตภัณฑ์ เช่น ซอสปรุงรส ซุป อาหารเด็กอ่อน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม แป้งดิบ (native starch) ที่ได้จากแหล่งแป้งธรรมชาติมีข้อจำกัดในการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น แป้งข้าวโพด เมื่อละลายน้ำและให้ความร้อน เม็ดแป้งจะดูดน้ำได้ง่าย พองตัวเร็ว ทำให้เม็ดแป้งแตกออกง่าย สูญเสียความหนืด เจลที่ได้มีลักษณะคล้ายกาวจับตัวกันเป็นก้อน นอกจากนี้ แป้งดิบยังมีความคงตัวต่ำเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ และไม่ทนต่อความเป็นกรดภายใต้ความร้อนสูงและไม่ทนต่อแรงเฉือนในกระบวนการผลิต จากข้อจำกัดดังกล่าวจึงต้องแก้ปัญหาโดยนำแป้งดิบไปผ่านกรรมวิธีที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงแป้งให้มีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น มีช่วงให้ความหนืดสูงที่กว้างขึ้นและมีความคงตัวในการเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำเพิ่มขึ้น ซึ่งการดัดแปรแป้งจะทำให้แป้งดิบมีคุณสมบัติที่นำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายมากขึ้น (Light, 1990) การดัดแปรแป้งด้วยออกเทนิลซัคซินิคแอนไฮไดรด์ (OSA) นั้น แป้งจะถูกดัดแปรโดยวิธีเอสเทอริฟิเคชั่นด้วยสารละลายออกเทนิลซัคซินิคแอนไฮไดรด์ในสภาวะที่มีตัวกลางเป็นน้ำ ซึ่ง The Joint FAO/WHO (1997) และ Thai Industrial Standard Institute (1992) อนุญาตให้ใช้ออกเทนิลซัคซินิคแอนไฮไดรด์ไม่เกินร้อยละ 3 หรือมีระดับการแทนที่ (degree of substitution; DS) เท่ากับหรือไม่เกิน 0.020 แป้งออกเทนิลซัคซิเนตเป็นที่ต้องการในอุตสาหกรรม เนื่องจากสมบัติต่างๆของแป้งที่เปลี่ยนไปจากแป้งดิบ (native starch) ที่สำคัญได้แก่ คุณสมบัติที่ชอบน้ำ(hydrophilic) และ ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) อยู่ในโมเลกุลเดียวกัน ส่งผลให้แป้งออกเทนิลซัคซิเนตมีหน้าที่คล้ายอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ซึ่งสามารถใช้แทนไข่แดงในน้ำสลัดและเพิ่มความคงตัวในน้ำสลัดได้ (Ghazaei *et al*., 2015) ผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะศึกษาสมบัติทางกายภาพของแป้งมันสำปะหลังออกเทนิลซัคซิเนต และนำแป้งออกเทนิลซัคซิเนตมาใช้ทดแทนการใช้ไข่แดงในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเพื่อพัฒนาเป็นน้ำสลัดไขมันต่ำ (reduced - fat salad dressing) เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่มีภาวะไขมันในเลือดสูงหรือผู้บริโภคทั่วไปที่ต้องการทานสลัดผักเพื่อสุขภาพแต่ไม่ต้องการได้รับคอเลสเตอรอลจากไข่แดงในน้ำสลัด

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. **วัตถุดิบ**

แป้งมันสำปะหลังทางการค้าจากบริษัท สงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด จ. นครราชสีมาและแป้งมันสำปะหลังออกเทนิลซัคซิเนตที่มีระดับการแทนที่แตกต่างกัน (Silaket, 2017) แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สภาวะการเตรียมแป้งออกเทนิลซัคซิเนตที่มีระดับการแทนที่แตกต่างกันและสมบัติของแป้งที่วิเคราะห์ได้

ชนิดของแป้ง	**สภาวะการเตรียม/ ที่มา**	**ระดับการแทนที่ (DS)**	**ขนาดอนุภาคเฉลี่ย (D50) (ไมโครเมตร)**
แป้งมันสำปะหลัง (NCS)	บริษัท สงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด จ. นครราชสีมา	-	15.17 ± 0.015
แป้งมันสำปะหลังออกเทนิลซัคซิเนต (OSCS)	ทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นกับออกเทนิลซัคซินิคแอนไฮไดรด์ร้อยละ 1% (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง)	0.005±0.001	14.96 ± 0.01
	ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นกับออกเทนิลซัคซินิคแอนไฮไดรด์ร้อยละ 2% (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง)	0.010±0.005	14.80 ± 0.05
	ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นกับออกเทนิลซัคซินิคแอนไฮไดรด์ร้อยละ 3% (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง)	0.015±0.0010	14.68 ± 0.02

2. **ตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของเม็ดแป้งโดยวิธีกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด** (Scanning electron microscopy)

นำตัวอย่างแป้ง (ได้แก่ NCS และ OSCS ที่มีระดับการแทนที่ 0.005, 0.010 และ 0.015) ปริมาณเล็กน้อยมาโรยบนเทปกาวสองหน้าที่ติดอยู่บนแท่ง aluminium stub นำแท่งaluminium stub ที่ติดแป้งตัวอย่างแล้วเข้าเครื่องเคลือบทองที่ผิวของแป้งตัวอย่าง ส่องดูตัวอย่างโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (JEOL รุ่น JCM-6010 LV, ประเทศญี่ปุ่น) โดยใช้ค่าอัตราเร่งความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 5 kV และใช้กำลังขยายที่ 1,000 เท่า

3. **ค่าร้อยละการละลาย** (Solubility) (ดัดแปลงจาก Leach *et al*., 1959)

วิเคราะห์ค่าการละลายของแป้ง (0.500 กรัมในน้ำ 25 มิลลิลิตร) ที่บ่มที่อุณหภูมิ 35, 65 และ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

4. **การทดสอบความใส** (Paste clarity) (ดัดแปลงจาก Sriroth & Piyachomkwan, 2000).

เตรียมสารละลายน้ำแป้งให้มีความเข้มข้นร้อยละ 1 ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที ให้แป้งกระจายตัวดี ต้มสารละลายน้ำแป้งในอ่างน้ำเดือด โดยเขย่าตลอดเวลา เป็นเวลา 5 นาทีแรก จากนั้นตั้งทิ้งไว้ในอ่างน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที และนำมาเขย่าทุกๆ 10 นาที นำไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำ

สารละลายที่เตรียมได้ 2.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในเซลล์วัดและวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี-วิสสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวเปรียบเทียบ

5. การเตรียมน้ำสลัดสูตรไขมันต่ำ

เตรียมน้ำสลัดสูตรไขมันต่ำที่มีแป้งออกเทนิลซัคซิเนต (ที่มีระดับการแทนที่ที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจาณาจากผลการทดลองลักษณะพื้นผิวอนุภาคแป้ง ค่าร้อยละการละลายและค่าความใส) เป็นสารทดแทนไข่แดงในน้ำสลัด โดยมีส่วนผสมต่างๆ ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำส้มสายชูกลั่น ไข่แดง น้ำตาลทราย เกลือ น้ำและแป้ง โดยมีสูตรน้ำสลัดไขมันเต็มเป็นสูตรควบคุม ทำการทดลองลดปริมาณไข่แดงลงร้อยละ 30, 40, 50, 60, 70 และ 80 โดยน้ำหนัก และเติมแป้งออกเทนิลซัคซิเนตกับน้ำเพื่อทดแทนไข่แดง (ตารางที่ 2) ทำโดยผสมไข่แดง น้ำตาลทราย น้ำส้มสายชูกลั่น เกลือและแป้งที่ละลายในน้ำกลั่น (ในสูตรที่มีการลดปริมาณไข่แดง) ให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร โดยปั่นที่ความเร็วต่ำเป็นเวลา 5 นาที จากนั้น จึงค่อยๆเติมน้ำมันถั่วเหลืองช้าๆสลับกับการปั่นด้วยความเร็วต่ำจนหมด แล้วปั่นต่อด้วยความเร็วสูงเป็นเวลา 5 นาที เสร็จแล้วมาบรรจุขวด

6. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

6.1 ค่าความหนืดของน้ำสลัด

วิเคราะห์ความหนืดน้ำสลัด 450 กรัมโดยใช้เครื่องวัดความหนืด viscometer ยี่ห้อ Brookfield ประเทศสหรัฐอเมริกา รุ่น DV-II+ หัววัด RV spindle #5 อุณหภูมิที่วัด 25 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 5 rpm หน่วยความหนืดเป็นเซนติพอยด์

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบต่างๆในน้ำสลัดไขมันต่ำ (Reduced-fat salad dressing)

น้ำสลัดสูตรต่าง ๆ	น้ำมันถั่วเหลือง (กรัม)	OSCS (กรัม)	น้ำกลั่น (กรัม)	ไข่แดง (กรัม)	น้ำส้มสายชู (กรัม)	น้ำตาล (กรัม)	เกลือ (กรัม)
ไข่แดงเต็ม (0%)	55	0	0	15	9	20	1
ลดไข่แดงร้อยละ 30	55	0.1	4.4	10.5	9	20	1
ลดไข่แดงร้อยละ 40	55	0.20	5.8	9	9	20	1
ลดไข่แดงร้อยละ 50	55	0.30	7.2	7.5	9	20	1
ลดไข่แดงร้อยละ 60	55	0.40	8.6	6	9	20	1
ลดไข่แดงร้อยละ 70	55	0.50	10.0	4.5	9	20	1
ลดไข่แดงร้อยละ 80	55	0.60	11.4	3	9	20	1

OSCS : แป้งมันสำปะหลังออกเทนิลซัคซิเนต

6.2 ค่าสี L* a* และ b*

วิเคราะห์ค่าสีของน้ำสลัด 50 กรัม โดยนำน้ำสลัดใส่จานแก้วสำหรับวัดสีของเหลว และวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี Color spectrometer ยี่ห้อ HunterLab ประเทศสหรัฐอเมริกา รุ่น Ultrascan XE โดยวัด mode reflectance specular incluse (RSIN) color space CIElab แหล่งแสง D65 (ASTM) area view เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว

7. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อค (Randomized Complete Block Design, RCBD) ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำสลัดสูตรลดไข่แดงร้อยละ 0, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80 โดยน้ำหนักที่ได้จากการทดลอง โดยใช้กลุ่มผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนทั้งหมด 30 คน โดยวิธีการให้ค่าคะแนนความชอบ (9 - point hedonic scaling test, 1-ไม่ชอบมากที่สุดถึง 9 -ชอบมากที่สุด) ในคุณลักษณะของน้ำสลัดพื้นฐานที่เป็นสิ่งที่ต้องการศึกษาคือ ความชอบรวม สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

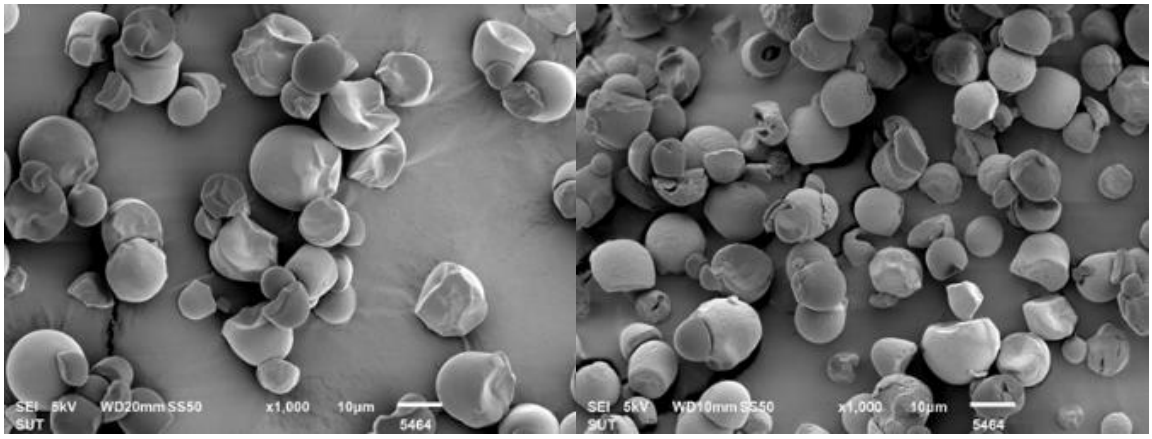
8. การวางแผนทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p< 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

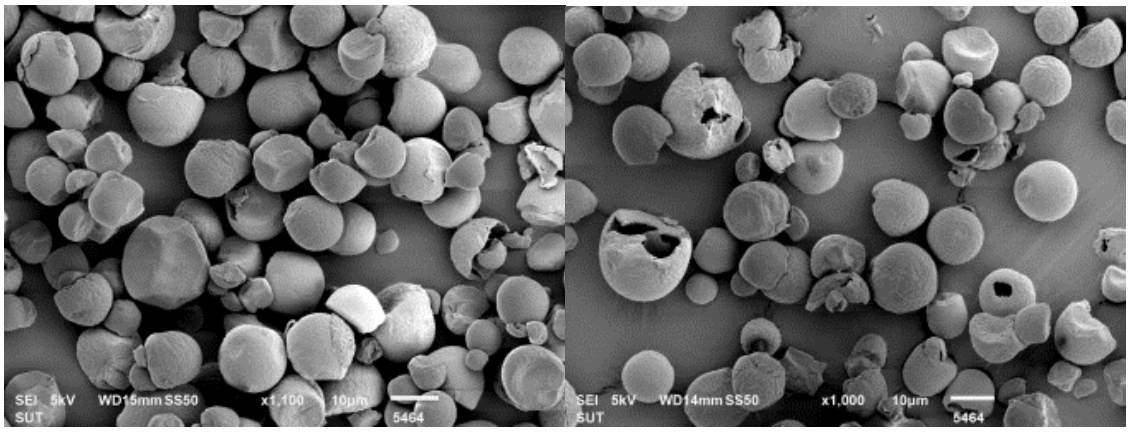
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลของลักษณะพื้นผิวอนุภาคแป้ง

ตรวจสอบลักษณะเม็ดแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ควบคุมสภาวะการทดลองที่ค่าอัตราเร่งของความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 5 กิโลโวลท์ และใช้กำลังขยายที่ 1,000 เท่า (ภาพที่ 1) พบว่าแป้งมันสำปะหลัง (NCS) นั้นมีลักษณะพื้นผิวค่อนข้างเรียบ เม็ดแป้งส่วนใหญ่จะเป็นรูปไข่ที่มีปลายด้านหนึ่งถูกตัดออก และส่วนที่ถูกตัดออกจะเว้าเข้าข้างในคล้ายรูปปากแตร (truncated end) เมื่อทำการส่องดู OSCS ระดับการแทนที่เท่ากับ 0.005 นั้นมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือยังคงสภาพของเม็ดแป้งและรูปร่างเหมือน NCS แต่พบว่า OSCS ที่มีระดับการที่ 0.010 และ 0.015 นั้นพบผิวของเม็ดแป้งบางเม็ดมีลักษณะขรุขระและเกิดรูเล็กๆเพิ่มขึ้นที่พื้นผิวของเม็ดแป้ง ซึ่งเกิดมากกว่า OSCS ระดับการแทนที่ 0.005 ทั้งนี้อาจเนื่องจากแป้งที่ผ่านการดัดแปรนั้นเกิดการกัดกร่อนของสารเคมีที่ใช้ทำปฏิกิริยาที่ผิวของเม็ดแป้ง (Napaporn & Saiyavit 2003; Segura & Sira, 2003) ซึ่งสารเคมีส่วนใหญ่สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับเม็ดแป้งบริเวณพื้นผิวของเม็ดแป้งในส่วนอสัณฐาน ซึ่งอาจเป็นส่วนปลายสายของหมู่ออกเทนิลซัคซินิลที่เกาะกับพื้นผิวของเม็ดแป้ง (Song *et al*., 2006) บางเม็ดเกิดการสึกกร่อนอย่างมากภายในเม็ด โดยเฉพาะบริเวณรอบๆส่วนไฮลัม (hilum) ในเม็ดจึงเห็นเม็ดแป้งบางเม็ดมีลักษณะเป็นโพรง เหลือไว้ในส่วนเปลือกนอกของเม็ดอย่างเดียวที่ทนต่อการทำปฏิกิริยาของออกเทนิลซัคซินิคแอนไฮไดรด์



NCS OSCS, DS 0.005



OSCS, DS 0.010 OSCS, DS 0.015

NCS : แป้งมันสำปะหลัง, OSCS : แป้งมันสำปะหลังออกเทนิลซัคซิเนต

ภาพที่ 1 ลักษณะพื้นผิวของแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลังออกเทนิลซัคซิเนตที่มีระดับการแทนที่ 0.005, 0.010 และ 0.015 เมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

2. ผลค่าร้อยละการละลาย (Solubility) และความใส (Paste clarity)

ค่าร้อยละการละลายของ NCS และ OSCS ที่มีระดับการแทนที่ต่างๆ (ตารางที่ 3) โดยค่าร้อยละการละลายของ NCS ที่อุณหภูมิ 35, 55 และ 85 องศาเซลเซียส มีค่าระหว่างร้อยละ 6.07-21.42 และพบว่ามีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิทดสอบ เพราะเมื่อแป้งอยู่ในน้ำเย็นหรืออุณหภูมิยังไม่สูงมากเม็ดแป้งจะพองตัวได้อย่างจำกัด แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นพันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำจะเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ เม็ดแป้งเกิดการพองตัว ทำให้ค่ากำลังการพองตัวมีค่าสูง และส่งผลให้บางส่วนของแป้งละลายออกมาจึงทำให้ค่าการละลายของแป้งเพิ่มขึ้นด้วย (Leach *et al*., 1953) ส่วน OSCS ที่มีระดับการแทนที่ 0.015 พบว่ามีค่าร้อยละการละลายมากกว่า NCS และ OSCS

ระดับการแทนที่ 0.005 และ 0.010 (p<0.05) เมื่ออุณหภูมิทดสอบเท่ากับ 85 องศาเซลเซียส เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น พันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลแป้งจะคลายตัวลง ร่วมกับการทำปฏิกิริยาด้วยออกเทนิลซัคซินิคแอนไฮไดรด์ทำให้เกิดช่องว่างภายในเม็ดแป้งที่ทำให้น้ำเข้าไปละลายแป้งได้ดีขึ้น ค่าการละลายจึงเพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าความใส (paste clarity) OSCS ทุกตัวอย่างมีร้อยละความใสมากกว่า NCS (p<0.05) โดย OSCS จะมีร้อยละการส่องผ่านของแสงเพิ่มมากขึ้น (แป้งใสขึ้น) เมื่อเพิ่มปริมาณหมู่ออกเทนิลซัคซินิล เนื่องจากหมู่แทนที่ที่เติมลงไป มีหน้าที่ขัดขวางการกลับมาจัดเรียงตัวกันใหม่ของอะมิโลสและอะมิโลเพคทิน (การเกิด retrogradation) และจากการที่ OSCS มีปลายด้านหนึ่งที่ชอบน้ำ จึงทำให้น้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปภายในเม็ดแป้งและเกาะตัวกับหมู่แทนที่ได้มากขึ้น จึงส่งผลให้เม็ดแป้งพองตัวเมื่อให้ความร้อนได้มากขึ้นและทำให้แสงส่องผ่านได้เพิ่มขึ้น (Waliszewski *et al.*, 2003) ซึ่งสมบัติข้อนี้ทำให้ OSCS มีความคงตัวต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เหมาะกับการนำแป้งไปใช้กับอาหารที่ต้องเก็บรักษาด้วยความเย็นหรือแช่เยือกแข็งเป็นต้น

ตารางที่ 3 ร้อยละการละลายและความใสของ NCS และ OSCS ระดับการแทนที่แตกต่างกัน

ชนิดของแป้ง	ร้อยละการละลาย (ร้อยละ)			ค่าความใส (ร้อยละ)
	35 °C	65 °C	85 °C	
NCS	6.07 ± 0.52^{C,ns}	11.10 ±0.26^{B,b}	21.42 ± 0.92^{A,d}	10.85 ±0.07^{d}
OSCS, DS 0.005	5.78 ± 0.27^{C,ns}	11.05 ± 0.13^{B,b}	23.46 ± 0.38^{A,c}	14.30±0.84^{c}
OSCS, DS 0.010	6.10 ± 0.33^{C,ns}	13.58 ± 0.59^{B,a}	25.41 + 0.94^{A,b}	28.36±2.26^{b}
OSCS, DS 0.015	6.45 ± 0.14^{C,ns}	13.61 ± 0.20^{B,a}	34.70+ 0.34^{A,a}	58.35±0.07^{a}

NCS : แป้งมันสำปะหลัง, OSCS : แป้งมันสำปะหลังออกเทนิลซัคซิเนต

ตัวเลขที่มีตัวอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)

ตัวเลขที่มีตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)

3. การทดสอบสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

ค่าความหนืดและสีของน้ำสลัด ค่าความหนืดของน้ำสลัดจะลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อทำการลดปริมาณไข่แดงลง (ตารางที่ 4) เป็นผลเนื่องมาจากน้ำสลัดดังกล่าวมีองค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำในเฟสตัวกลางเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ไข่แดงซึ่งให้คุณสมบัติด้านความหนืดแก่น้ำสลัดนั้นลดน้อยลง ค่าสี L* a* และ b* มีค่าเป็นบวกจะแสดงความสว่าง ค่าสีแดง และสีเหลืองตามลำดับ จากการทดลองสามารถเห็นได้อย่างชัดเจนว่าน้ำสลัดจะมีค่า L* หรือค่าความสว่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อลดปริมาณไข่แดงในน้ำสลัด ซึ่งความสว่างที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการเพิ่มปริมาณแป้งออกเทนิลซัคซิเนตและลดปริมาณไข่แดง นอกจากนี้ค่าสีแดงและสีเหลืองในตัวอย่างน้ำสลัดไขมันต่ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อลดปริมาณไข่แดงลงตั้งแต่ระดับร้อยละ 30 ไปจนถึงร้อยละ 80

ตารางที่ 4 ค่าความหนืดและค่าสีของน้ำสลัดสูตรต่างๆ

น้ำสลัดสูตรต่าง ๆ	ความหนืด(cP)	L*	a*	b*
สูตรไขมันเต็ม	63640±282.84[a]	63.74±0.26[f]	5.06±0.06[a]	31.20±0.33[a]
สูตรลดปริมาณไข่แดงร้อยละ 30	35120±113.14[b]	77.50±0.6[e]	4.21±0.01[b]	26.72±0.08[b]
สูตรลดปริมาณไข่แดงร้อยละ 40	10450±183.85[c]	80.96± 0.06[d]	3.61± 0.02[c]	22.58± 0.05[c]
สูตรลดปริมาณไข่แดงร้อยละ 50	10280±169.71[c]	82.88±0.13[c]	3.09±0.03[d]	19.55±0.13[d]
สูตรลดปริมาณไข่แดงร้อยละ 60	2600±56.57[d]	83.83±0.06[b]	2.92±0.01[e]	18.41±0.04[e]
สูตรลดปริมาณไข่แดงร้อยละ 70	1480±57.57[e]	84.69±0.06[a]	2.42±0.01[f]	16.74±0.03[f]
สูตรลดปริมาณไข่แดงร้อยละ 80	440±58.83[f]	85.03±0.03[a]	2.14±0.01[g]	15.93±0.01[g]

ตัวเลขที่มีตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4. การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำสลัดไขมันต่ำสูตรต่าง ๆ

ผลการทดลองพบว่าผู้ทดสอบยอมรับทางประสาทสัมผัสกับน้ำสลัดลดไข่แดงที่ร้อยละ 30 มากที่สุด (ตารางที่ 5) ส่วนอันดับรองลงมาคือสูตรไขมันเต็มและน้ำสลัดลดไข่แดงที่ร้อยละ 40 ตามลำดับ สำหรับสูตรไขมันเต็มที่ได้การยอมรับทางประสาทสัมผัสเป็นอันดับที่ 2 นั้น ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าน้ำสลัดมีความเลี่ยนมันมากเกินไป นอกจากนี้จากการสอบถามผู้ทดสอบเกี่ยวกับเนื้อสัมผัสของน้ำสลัดเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้แป้งออกเทนิลซัคซิเนตมากขึ้น พบว่าผู้ทดสอบรู้สึกเหมือนมีเม็ดแป้งเล็กๆละลายอยู่ในน้ำสลัดในตัวอย่างน้ำสลัดสูตรลดปริมาณไข่แดงตั้งแต่ร้อยละ 50 ไปจนถึงร้อยละ 80 จึงทำให้ Mouthfeel ของน้ำสลัดดังกล่าวยังเป็นที่ไม่พอใจต่อผู้ทดสอบ

ตารางที่ 5 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำสลัดสูตรไขมันต่ำ

	น้ำสลัดสูตรไขมันต่ำ (ลดไข่แดง) , ร้อยละ						
	ไขมันเต็ม (0%)	**30%**	**40%**	**50%**	**60%**	**70%**	**80%**
ความชอบรวม	7.73±1.31^{ABC}	8.06±1.77^{A}	7.90±1.12^{AB}	7.10±1.47^{C}	7.70±0.83^{ABC}	7.16±1.17^{C}	7.33±0.5^{BC}
สี	7.73 ±1.30^{A}	7.83 ±1.10^{A}	7.63 ±0.89^{AB}	7.20 ±0.86^{ABC}	7.33 ±1.10^{ABC}	6.86 ±1.11^{C}	7.06 ±1.34^{BC}
กลิ่น	6.76±1.43^{AB}	7.50±1.22^{A}	7.00±1.41^{AB}	6.66±1.10^{B}	6.70±1.53^{AB}	6.60±1.30^{B}	6.90±1.9^{AB}
เนื้อสัมผัส	7.77±1.16^{A}	7.83±1.78^{A}	7.33±1.62^{AB}	6.47±1.88^{C}	7.30±0.87^{AB}	6.70±1.08^{BC}	6.57±1.1^{BC}
รสชาติ	7.45 ±1.35^{ABC}	7.97±1.73^{A}	7.66±1.42^{AB}	6.70±1.95^{C}	7.62±0.90^{C}	7.52±0.92^{AB}	6.96±1.32^{BC}

ตัวเลขที่มีตัวอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำแป้งออกเทนิลซัคซิเนตที่มีระดับการแทนที่เท่ากับ 0.015 มาใช้ทดแทนไข่แดงในน้ำสลัดเพื่อผลิตเป็นน้ำสลัดไขมันต่ำ โดยผู้ทดสอบยอมรับในสูตรที่ลดปริมาณไข่แดงลงได้ร้อยละ 30 มากที่สุด อย่างไรก็ตามน้ำสลัดสูตรไขมันต่ำควรได้รับการปรับปรุงในเรื่องขนาดของเม็ดแป้งที่ใช้ทดแทน เนื่องจากยังมีขนาดที่ ใหญ่ทำให้ความรู้สึกในปาก (mountfeel) ที่ได้ยังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบเมื่อทดแทนด้วยแป้งดัดแปรมากขึ้น ซึ่งสามารถปรับปรุงโดยการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีบดทางกลเช่นการใช้ Ball mill ร่วมกับการดัดแปรด้วยออกเทนิลซัคซินิคแอนไฮไดรด์เพื่อให้ได้แป้งที่มีขนาดเล็กและมีสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ระหว่างน้ำกับน้ำมัน เพื่อนำมาใช้ทดแทนไข่แดงได้ในปริมาณที่สูงมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ที่ได้มอบทุนสนับสนุนการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

FAO. (1997). Compendium of Food Additive Specification, Addendum 5, FAO Food and Nutrition Paper – 52 addenum 5. *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives 49th*. Rome.

Ghazaei, S., Mizani, M., Piravi-Vanak, Z. and Alimi, M. (2015). Particle Size and Cholesterol Content of a Mayonnaise Formulated by OSA-Modified Potato Starch. *Food Sci Technol (Campinas)*, *35*(1), 150-156.

Leach, HW., Mc Cowen, L. D. and Schoch, T. J. (1959). Structure of the Starch Granule I: Swelling and Solubility Patterns of various Starches. *Cereal Chem*, *36*, 534–544.

Light, J.M. (1990) . Modified Food Starches: Why, What, Where and How. *Cereal Food World*, *35*(11), 1081-1092.

Napaporn, A. and Saiyavit, V. (2003). Characterization and Utilization of Acid –Modified Crosslinked Tapioca Starch in Pharmaceutical Tablets. *Carbohydr Polym*, *53*, 263-270.

Segura, E. M., and Sira, E. E. P. (2003). Characterization of Native and Modified Cassava Starches by Scanning Electron Microscopy and X-ray Diffraction Techniques. *Cereal World*, *48*(2), 78-81.

Silaket, P. (2017). Properties of Modified Cassava Starch Using Amylase Enzyme and Octenyl Succinic Anhydride. *Burapa Science Journal*, *22* (1), 108-124. (in Thai)

Song, X., He, G., Ruan, H. and Chen, Q. (2006). Preparation and Properties of Octenyl Succinic Anhydride Modified Early Indica Rice Starch. *Starch/Stärke*, *58*, 109-117.

Sriroth, K. and Piyachomkwan, K. (2000). *Starch Technology*. Bangkok: Kasetsart University Press. (in Thai)

Thai Industrial Standard Institute. (1992). Standard for modified starch for food industry. *TISI.(1073-1992).* (in Thai)

Waliszewski, K.N., Aparicio, M.A., Bello, L.S. and Monroy, J. A. (2003). Change of Banana Starch by Chemical and Physical Modification. *Carbohydrate Polym*. *52*, 237-242.