การเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากฟางข้าว เพื่อลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋

นิภาพร แสงจู [1] ชุลีพร พุฒนวล [2] วนิดา พงษ์ศักดิ์ชาติ [3]
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ [4] และ อาภัสรา แสงนาค [5*]
มหาวิทยาลัยบูรพา ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

รับเมื่อ 25 กรกฎาคม 2550 ตอบรับเมื่อ 5 มิถุนายน 2551

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการนำคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซีที่ผลิตได้จากฟางข้าวซึ่งมีค่าระดับการแทนที่ 0.60 และค่าความบริสุทธิ์ร้อยละ 99 มาใช้เพื่อลดการอมน้ำมันในปลาท่องโก๋ โดยศึกษาผลของขนาดอนุภาคของซีเอ็มซีที่มีต่อสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋ โดยนำซีเอ็มซีขนาดอนุภาคต่างๆ คือ 0.15-0.3, 0.075-0.15 และเล็กกว่า 0.075 มม. มาเติมในปาท่องโก๋ปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่า ขนาดอนุภาคของซีเอ็มซีที่เหมาะสมในการผลิตปาท่องโก๋คือ ขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.075 มม. ซึ่งทำให้ปาท่องโก๋ที่ได้มีคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีที่มีขนาดอนุภาคขนาดใหญ่ และนำซีเอ็มซีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.075 มม. มาศึกษาปริมาณของซีเอ็มซีที่เหมาะสมในการผลิตปาท่องโก๋ โดยแปรปริมาณซีเอ็มซีเป็นร้อยละ 0 3 6 และ 9 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่าปริมาณซีเอ็มซีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตปาท่องโก๋คือ ปริมาณร้อยละ 6 โดยน้ำหนักแป้ง ซึ่งทำให้ปาท่องโก๋ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมประมาณ 7 คะแนน หมายถึงชอบปานกลาง และสามารถลดการอมน้ำมันได้ประมาณร้อยละ 23 เมื่อเปรียบเทียบกับปาท่องโก๋ที่ไม่ได้เติมซีเอ็มซี

คำสำคัญ : คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส / ฟางข้าว / ปาท่องโก๋

* *Corresponding author: E-mail: arpaths@buu.ac.th*
[1] *นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สายวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์*
[2] *อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์*
[3] *อาจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์*
[4] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์*
[5] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์*

Fortification of Carboxymethylcellulose Prepared from Rice Straw for Decreasing Oil Uptake in Chinese Dough Product

Nipaporn Saengchu [1], Chuleeporn Puttnual [2], Vanida Pongsakchat [3], Kullaya Limroongreungrat [4], and Arpathsra Sangnark [5*]

Burapha University, Long-Hard Bangsaen Road, Saensook, Maung, Chonburi 20131

Received 25 July 2007 ; accepted 5 June 2008

Abstract

An application of carboxymethylcellulose (CMC, degree of substitution 0.6 and purity 99%), produced from rice straw was investigated. CMC with particle size of 0.15-0.3, 0.075-0.15 and less than 0.075 mm in diameter were added into chinese dough product (Patongco) at 5% (by flour weight). The result indicated that the Patongco, added the less than 0.075 mm particle, was accepted by consumer. Finally, the smallest particle size of CMC was then added into Patongco at level of 0, 3, 6 and 9% (by flour weight). Patongco was accepted by consumer at 6% CMC addition and decreased oil uptake about 23%, compared with control.

Keywords : Carboxymethylcellulose / Rice Straw / Patongco (Chinese Dough Product)

* *Corresponding author: E-mail: arpaths@buu.ac.th*

1 *Undergraduate Student, Department of Food Science, Faculty of Science.*

2 *Lecturer, Department of Chemistry, Faculty of Science.*

3 *Lecturer, Department of Mathematics, Faculty of Science.*

4 *Assistant Professor, Department of Food Science, Faculty of Science.*

5 *Assistant Professor, Department of Food Science, Faculty of Science.*

1. บทนำ

การรับประทานไขมันมากเกินความจำเป็นทำให้ผู้บริโภคเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคอ้วน โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง และโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด เป็นต้น ผู้บริโภคจึงให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำมากขึ้น [1] มีการศึกษาการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์เพื่อลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอด เช่น การใช้ฟิล์มที่รับประทานได้ เพกทิน และซีเอ็มซีเคลือบอาหารก่อนนำไปทอดเพื่อช่วยลดการอมน้ำมันระหว่างการทอด Khalil [2] ศึกษาคุณภาพของเฟรนช์ฟรายที่เคลือบด้วยสารละลายซีเอ็มซี พบว่า เฟรนช์ฟรายที่เคลือบด้วยสารละลายซีเอ็มซีความเข้มข้นร้อยละ 1.5 มีประสิทธิภาพในการลดการอมน้ำมันได้ดีกว่าการเคลือบด้วยสารละลายเพกตินและโซเดียมแอลจิเนต โดยสามารถลดการอมน้ำมันได้ถึงร้อยละ 54 เนื่องจากซีเอ็มซีเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสมีสมบัติในการดูดซับน้ำและความชื้นทำให้เกิดลักษณะไฮโดรเจล (Hydrogel) จึงช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากผลิตภัณฑ์และลดการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ อาหารระหว่างการทอดด้วย ต่อมา Garcia, Ferrero, Bertola, Martino, and Zaritzky [3] ศึกษาการใช้ฟิล์มที่ผลิตจากเมทิลเซลลูโลส (Methylcellulose, MC) และไฮดรอกซีโพรพิวเมทิลเซลลูโลส (Hydroxypropylmethycellulose, HPMC) เคลือบมันฝรั่งแท่งและโดขนมปัง (dough disc) ก่อนนำไปทอดเพื่อลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ พบว่า MC มีประสิทธิภาพในการลดการอมน้ำมันได้ดีกว่า HPMC และภาวะที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มที่ใช้เคลือบมันฝรั่งแท่งและโดขนมปังคือใช้ MC ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 0.75 ตามลำดับ ซึ่งการเคลือบฟิล์มสามารถลดการอมน้ำมันในมันฝรั่งทอดและโดขนมปังได้ร้อยละ 40.6 และ 35.2 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่เคลือบฟิล์ม นอกจากนี้การเคลือบฟิล์มยังทำให้มันฝรั่งทอดและขนมอบมีปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.3 และ 25.7 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามจากการทดลองเบื้องต้นพบว่าการเคลือบสารละลายซีเอ็มซีในผลิตภัณฑ์อาหารชิ้นใหญ่ซึ่งต้องทอดที่อุณหภูมิสูงและเวลาน้อยส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่สุก ปาท่องโก๋เป็นอาหารชนิดหนึ่งที่นิยมรับประทานกันมาเป็นเวลานานและเป็นอาหารที่ดูดซับน้ำมันได้มากในระหว่างการทอด ดังนั้นจากสมบัติของซีเอ็มซีที่สามารถละลายน้ำได้และช่วยป้องกันการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารได้ จึงนำซีเอ็มซีที่ผลิตได้จากฟางข้าวมาเติมในปาท่องโก๋เพื่อลดการอมน้ำมันในระหว่างการทอดโดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ซีเอ็มซีที่ผลิตได้จากฟางข้าวเพื่อลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมซีเอ็มซีให้มีขนาดอนุภาคต่างๆ

ผลิตซีเอ็มซีที่มีค่าระดับการแทนที่ 0.60 และค่าความบริสุทธิ์ร้อยละ 99 ตามวิธีของนิภาพร แสงจู [4] และนำซีเอ็มซีมาบดโดยใช้เครื่อง Ultracentrifugal mill ที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที ผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มม. และนำตัวอย่างมาแยกขนาดครั้งละ 30 ก. โดยใช้ตะแกรงร่อนขนาด 50 100 และ 200 mesh ตามลำดับ โดยตั้งค่าเครื่องร่อนให้มีแอมปลิจูดเท่ากับ 1.5 มม. เป็นเวลา 5 นาที ได้อนุภาคขนาดต่างๆ ดังนี้คือ 0.15-0.3, 0.075-0.15 และเล็กกว่า 0.075 มม. ตามลำดับ

2.2 การศึกษาขนาดอนุภาคซีเอ็มซีที่เหมาะสมเพื่อลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋

เติมซีเอ็มซีที่มีขนาดอนุภาคต่างๆ และซีเอ็มซีทางการค้า (Blanose™) ในผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋ปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักแป้งสาลีอเนกประสงค์ ใช้สูตรในการทำปาท่องโก๋จากวิธีของนวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ [5] ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้คือแป้งสาลีอเนกประสงค์ 1,000 ก. น้ำตาล 20 ก. เกลือ 14 ก. แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต 20 ก. ยีสต์ผง 3 ก. ผงฟู 6 ก. เบกกิ้งโซดา 1 ก. น้ำมันพืช 28 ก. และน้ำ 735 ก. โดยมีวิธีทำดังนี้คือผสมแป้งสาลี ยีสต์ และผงฟูรวมกัน โดยการร่อนให้เข้ากันด้วยตะแกรงร่อนแป้ง 3 ครั้ง จากนั้นละลายซีเอ็มซี เกลือ น้ำตาล และแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตในน้ำ จนส่วนผสมละลายหมด เทน้ำและน้ำมันลงในแป้ง จากนั้นผสมจนแป้งเนียนโดยใช้เครื่องผสมเป็นเวลาประมาณ 5 นาที และพักโดทิ้งประมาณ 6-8 ชั่วโมง ต่อมาโรยแป้งเพื่อไม่ให้โดติดมือ คลึงแป้งให้เป็นแผ่นมีความหนา 0.5 ซม. ตัดแป้งให้มีขนาด 2 x 5 ซม. แตะน้ำตรงกลางแล้วนำมาประกบให้เข้ากัน บีบตรงกลางแล้วยืดออกเล็กน้อยและนำมาทอดในน้ำมันที่

อุณหภูมิ 18 °C โดยทอดแต่ละด้านนานด้านละ 2 นาที

2.2.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของปาท่องโก๋

- วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของปาท่องโก๋โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer (TA-XT2, Stable Micro System) โดยประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA) โดยนำปาท่องโก๋มาตัดหัวและท้ายให้ตรงกลางมีความยาว 4 ซม. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอ และตั้งค่าของเครื่องให้มี pretest speed 1.0 มม./วินาที Test speed 1.0 มม./วินาที ใช้หัววัด P/35 (35 mm diameter cylinder probe) กดลงร้อยละ 75 วัดค่าความแข็ง (hardness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) ค่าการยึดเกาะ (cohesiveness) และค่าการเคี้ยว (chewiness)

- วัดค่าสี ประเมินสีผิวด้านนอกของผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋โดยใช้เครื่อง Handy colorimeter วัดค่า L* = 100 (สีขาว), L* = 0 (สีดำ), +a* = สีแดง, -a* = สีเขียว และ +b* = สีเหลือง, -b* = สีน้ำเงิน

- วิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธีของ AOAC [6]

- Oil uptake relative variation ตามวิธีของ Garcia, Ferrero, Bertola, Martino, and Zaritzky [3] ดังสมการที่ (1)

$$\text{Oil uptake relative variation (OU, \%)} = \left[\frac{A}{B} - 1\right] \times 100 \quad \textbf{(1)}$$

โดยที่ A = ร้อยละของปริมาณไขมันในปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซี

B = ร้อยละของปริมาณไขมันในปาท่องโก๋ที่ไม่ได้เติมซีเอ็มซี

- การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยลักษณะเนื้อสัมผัส สี ปริมาณไขมัน และ Oil uptake relative variation โดยวิธี Duncan, s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for window version 11.5

2.2.2 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีจากฟางข้าวเปรียบเทียบกับปาท่องโก๋ที่ไม่เติมซีเอ็มซีและปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีทางการค้าทางด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 40 คน ให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย 5 หมายถึง เฉยๆ 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย 7 หมายถึง ชอบปานกลาง 8 หมายถึง ชอบมาก และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window Version 11.5 เลือกขนาดอนุภาคของซีเอ็มซีที่ทำให้ได้ปาท่องโก๋ที่มีปริมาณไขมันต่ำและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเพื่อศึกษาปริมาณของซีเอ็มซีที่เหมาะสมสำหรับเติมในปาท่องโก๋ในขั้นตอนต่อไป

2.3 ศึกษาปริมาณซีเอ็มซีที่เหมาะสมเพื่อลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋

นำซีเอ็มซีที่มีขนาดอนุภาคที่เลือกได้จากข้อ 2.2 และซีเอ็มซีทางการค้าเติมในผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋ปริมาณร้อยละ 0 3 6 และ 9 โดยน้ำหนักแป้ง วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสเช่นเดียวกับข้อ 2.2.1 และ 2.2.2 ตามลำดับ

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษาขนาดอนุภาคของซีเอ็มซีที่เหมาะสมเพื่อลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋

ปาท่องโก๋ที่ไม่ได้เติมซีเอ็มซี ที่เติมซีเอ็มซีทางการค้า และซีเอ็มซีจากฟางข้าวขนาดอนุภาคต่างๆ มีค่าสีไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) กล่าวคือ มีค่าความสว่าง (L^*) ประมาณ 53 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ประมาณ 7 และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ประมาณ 28 (ตารางที่ 1) เนื่องจากซีเอ็มซีละลายน้ำแล้วมีลักษณะใส ไม่มีสี จึงไม่มีผลต่อสีของปาท่องโก๋ จากการวิเคราะห์ปริมาณไขมันพบว่าปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีจากฟางข้าวที่มีขนาดอนุภาคต่างๆ และซีเอ็มซีทางการค้ามีปริมาณไขมันน้อยกว่าตัวอย่างปาท่องโก๋ ที่ไม่ได้เติมซีเอ็มซีประมาณร้อยละ 8 ($p<0.05$) เนื่องจากซีเอ็มซีที่เติมในปาท่องโก๋สามารถดูดซับน้ำได้ดี ทำให้มีปริมาณน้ำที่จะระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ในขณะทอดที่อุณหภูมิสูงลดลงเป็นการลดการเกิดช่องว่างในอาหาร ทำให้น้ำมันแทรกตัวเข้าไปแทนที่ในช่องว่างได้น้อยลง ผลิตภัณฑ์จึงอมน้ำมันน้อยลง [3, 7] ส่วนขนาดอนุภาคของซีเอ็มซีที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการดูดซับน้ำมันของปาท่องโก๋ โดยปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีขนาดอนุภาคต่างๆ มีปริมาณไขมันประมาณร้อยละ 26

ปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีจากฟางข้าวขนาดอนุภาคต่างๆ และซีเอ็มซีทางการค้า มีค่าความแข็ง และค่าการเคี้ยวมากกว่าปาท่องโก๋ที่ไม่ได้เติมซีเอ็มซี โดยมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นประมาณ 6 N และค่าการเคี้ยวเพิ่มขึ้นประมาณ 1.7 N ($p<0.05$, ตารางที่ 2) เนื่องจากเมื่อเติมซีเอ็มซีในปาท่องโก๋ ซีเอ็มซีจะไปแย่งน้ำในแป้งที่ใช้ในการเกิดโด ซึ่งทำให้โดที่ได้มีความยืดหยุ่นลดลงและส่งผลให้ปาท่องโก๋ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น

ปาท่องโก๋ที่มีการเติมซีเอ็มซีทุกตัวอย่างมีคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าปาท่องโก๋ที่ไม่ได้เติมซีเอ็มซี และปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.075 มม. มีคะแนนการยอมรับมากกว่าปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีที่มีขนาดอนุภาคขนาดใหญ่ และมีคะแนนไม่แตกต่างกับปาท่องโก๋ที่ไม่ได้เติมซีเอ็มซีและเติมซีเอ็มซีทางการค้า($p \geq 0.05$, ตารางที่ 3) โดยมีคะแนนการยอมรับเฉลี่ยประมาณ 7 คะแนน หมายถึง ชอบปานกลาง ดังนั้นจึงเลือกซีเอ็มซีที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.075 มม. เพื่อศึกษาปริมาณซีเอ็มซีที่เหมาะสมสำหรับเติมในผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋ในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีที่มีขนาดอนุภาคขนาดใหญ่ และสามารถลดการอมน้ำมันได้ประมาณร้อยละ 22 เมื่อเปรียบเทียบกับปาท่องโก๋ที่ไม่ได้เติมซีเอ็มซี

ตารางที่ 1 สีผิวด้านนอก ปริมาณไขมัน และค่า oil uptake relative variation ของปาท่องโก๋ที่เติมเอ็มซีจากฟางข้าวขนาดอนุภาคต่างๆ ปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักแป้ง

ตัวอย่างปาท่องโก๋	สีผิวด้านนอก			ไขมัน (%)	OU^{1ns} (%)
	L^{*ns}	a^{*ns}	b^{*ns}		
ไม่เติมซีเอ็มซี	55.24±2.39	6.96±0.79	28.50±1.49	32.96±1.42[a]	-
ซีเอ็มซีทางการค้า	52.56±0.69	7.81±0.71	27.69±0.84	25.33±1.78[b]	-23.22±2.19
ซีเอ็มซีจากฟางข้าว 0.150-0.300 มม.	52.35±2.25	7.78±1.13	28.80±1.30	26.25±1.10[b]	-20.36±0.20
ซีเอ็มซีจากฟางข้าว 0.075-0.150 มม.	51.71±1.91	7.13±1.22	28.13±1.35	26.06±1.51[b]	-20.93±3.77
ซีเอ็มซีจากฟางข้าวเล็กกว่า 0.075 มม.	52.57±0.73	7.23±0.71	27.68±0.91	25.69±2.18[b]	-22.10±5.09

[a, b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

[1] oil uptake relative variation

ตารางที่ 2 ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยืดเกาะ และค่าการเคี้ยวของปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีจากฟางข้าวขนาดอนุภาคต่างๆ ปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักแป้ง

ตัวอย่างปาท่องโก๋	ค่าความแข็ง (N)	ค่าความยืดหยุ่น[ns]	ค่าการยืดเกาะ[ns]	ค่าการเคี้ยว (N)
ไม่เติมซีเอ็มซี	14.01±3.07[b]	0.47±0.05	0.48±0.06	3.07±0.55[b]
ซีเอ็มซีทางการค้า	20.01±2.45[a]	0.49±0.03	0.50±0.04	4.85±0.57[a]
ซีเอ็มซีจากฟางข้าว 0.150-0.300 มม.	19.49±2.61[a]	0.49±0.02	0.49±0.03	4.62±0.70[a]
ซีเอ็มซีจากฟางข้าว 0.075-0.150 มม.	19.76±3.48[a]	0.48±0.03	0.50±0.03	4.73±0.85[a]
ซีเอ็มซีจากฟางข้าว เล็กกว่า 0.075 มม.	19.77±2.63[a]	0.49±0.02	0.50±0.02	4.84±0.57[a]

[a, b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3 การยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีจากฟางข้าวขนาดอนุภาคต่างๆ ปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักแป้ง

ตัวอย่างปาท่องโก๋	สี[ns]	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ไม่เติมซีเอ็มซี	7.58±0.50	7.30±0.46[a]	7.28±0.48[a]	7.38±0.40[a]
ซีเอ็มซีทางการค้า	7.58±0.51	7.15±0.43[b]	7.18±0.55[b]	7.28±0.45[ab]
ซีเอ็มซีจากฟางข้าว 0.150-0.300 มม.	7.45±0.50	7.13±0.40[b]	7.08±0.53[b]	7.08±0.46[b]
ซีเอ็มซีจากฟางข้าว 0.075-0.150 มม.	7.55±0.58	7.03±0.36[b]	7.13±0.42[b]	7.15±0.48[b]
ซีเอ็มซีจากฟางข้าว เล็กกว่า 0.075 มม.	7.60±0.50	7.13±0.40[b]	7.13±0.48[b]	7.23±0.40[ab]

[a, b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3.2 ผลการศึกษาปริมาณของซีเอ็มซีที่เหมาะสมเพื่อลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋

ปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีทางการค้าและซีเอ็มซีจากฟางข้าวในปริมาณร้อยละ 0 3 6 และ 9 โดยน้ำหนักแป้ง มีค่าสีไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) กล่าวคือ มีค่าความสว่าง (L*) ประมาณ 50 ค่าความเป็นสีแดง (a*) ประมาณ 8 และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ประมาณ 30 (ตารางที่ 4, รูปที่ 1) และการเติมซีเอ็มซีจากฟางข้าวในปาท่องโก๋ปริมาณเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 3 เป็น 9 โดยน้ำหนักแป้ง ทำให้ปาท่องโก๋มีปริมาณไขมันลดลงจากร้อยละ 29 เป็นร้อยละ 22 ตามลำดับ ($p<0.05$) ส่งผลให้ทำให้ค่า oil uptake relative variation มีค่าติดลบเพิ่มขึ้น คือจากร้อยละ -11.25 เป็นร้อยละ -33.21 แสดงว่าการเติมซีเอ็มซีในประมาณที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการอมน้ำมันในปาท่องโก๋ได้มากขึ้น

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่าปาท่องโก๋ที่มีการเติมซีเอ็มซีมีค่าความแข็งและค่าการเคี้ยวมากกว่าปาท่องโก๋ที่ไม่ได้เติมซีเอ็มซี โดยเมื่อเติมซีเอ็มซีจากฟางข้าวปริมาณเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 3 เป็น 9 โดยน้ำหนักแป้ง มีผลทำให้ปาท่องโก๋มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 30 และค่าการเคี้ยวเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 50 ส่วนค่าความยืดหยุ่นและค่าการยึดเกาะของปาท่องโก๋ทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) คือประมาณ 0.49 และ 0.52 ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

เมื่อเติมซีเอ็มซีปริมาณมากขึ้น คะแนนการยอมรับเฉลี่ยทางด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋มีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) โดยปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีปริมาณร้อยละ 9 โดยน้ำหนักแป้งมีคะแนนการยอมรับเฉลี่ยทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมน้อยที่สุด คือ ประมาณ 6 คะแนน หมายถึงชอบเล็กน้อย ส่วนปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีปริมาณร้อยละ 3 และ 6 โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนการยอมรับเฉลี่ยทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 7 คะแนน หมายถึงชอบปานกลาง (ตารางที่ 6) ดังนั้นสามารถเติมซีเอ็มซีจากฟางข้าวที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.075 มม. ได้ปริมาณถึงร้อยละ 6 โดยน้ำหนักแป้ง ในปาท่องโก๋แล้วทำให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังสามารถลดการอมน้ำมันได้ประมาณร้อยละ 23 เมื่อเปรียบเทียบกับปาท่องโก๋ที่ไม่ได้เติมซีเอ็มซี

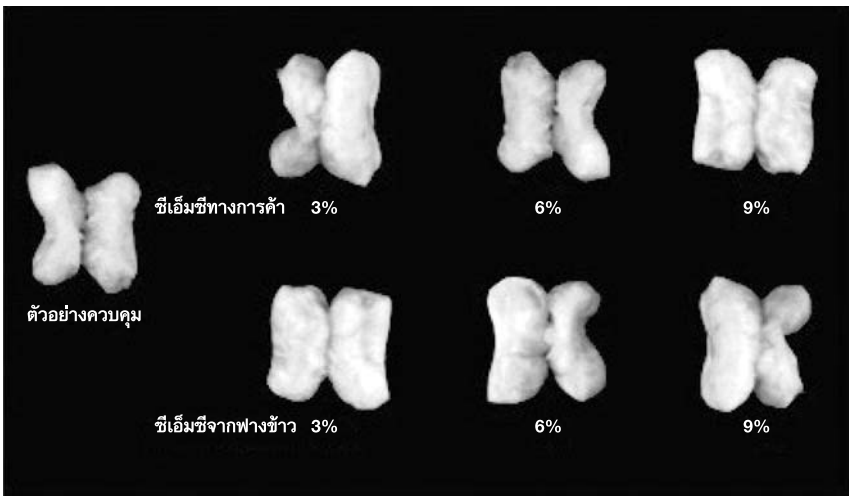
ตารางที่ 4 สีผิวด้านนอก ปริมาณไขมัน และค่า oil uptake relative variation ของปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีทางการค้าและซีเอ็มซีจากฟางข้าวที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.075 มม. ปริมาณต่างๆ

ตัวอย่างปาท่องโก๋	สีผิวด้านนอก			ไขมัน (%)	OU[2] (%)
	L^{*ns}	a^{*ns}	b^{*ns}		
ไม่เติมซีเอ็มซี	50.83±0.53	7.22±0.36	29.72±1.84	32.96±1.42[a]	-
ซีเอ็มซีทางการค้าร้อยละ 3	50.34±0.44	8.06±0.22	29.74±0.98	28.30±1.56[b]	-14.15±2.11[c]
ซีเอ็มซีทางการค้าร้อยละ 6	50.02±0.26	7.82±0.08	30.08±0.81	25.10±1.16[c]	-23.83±2.32[b]
ซีเอ็มซีทางการค้าร้อยละ 9	49.95±0.50	8.12±0.49	31.56±0.66	21.21±0.86[d]	-35.64±0.32[a]
ซีเอ็มซีจากฟางข้าวร้อยละ 3	50.38±0.73	8.54±1.14	30.92±0.65	29.25±1.31[b]	-11.25±2.44[c]
ซีเอ็มซีจากฟางข้าวร้อยละ 6	50.12±0.64	8.15±1.07	30.98±0.74	25.50±2.12[c]	-22.55±6.92[b]
ซีเอ็มซีจากฟางข้าวร้อยละ 9	49.92±0.21	8.79±0.59	32.05±0.26	22.02±1.32[d]	-33.21±2.42[a]

[a, b, c, d] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

[1] oil uptake relative variation



รูปที่ 1 ปาท่องโก๋ที่มีการเติมซีเอ็มซีจากฟางข้าวขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.075 มม. และซีเอ็มซีทางการค้าปริมาณต่างๆ

ตารางที่ 5 ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยืดเกาะ และค่าการเคี้ยวของปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีทางการค้าและซีเอ็มซีจากฟางข้าวขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.075 มม. ปริมาณต่างๆ

ตัวอย่างปาท่องโก๋	ค่าความแข็ง (N)	ค่าความยืดหยุ่น^{ns}	ค่าการยืดเกาะ^{ns}	ค่าการเคี้ยว (N)
ไม่เติมซีเอ็มซี	14.01±3.07^{b}	0.47±0.05	0.48±0.06	3.14±0.54^{c}
ซีเอ็มซีทางการค้าร้อยละ 3	18.93±5.51^{ab}	0.48±0.02	0.52±0.03	4.64±1.06^{bc}
ซีเอ็มซีทางการค้าร้อยละ 6	22.64±4.57^{a}	0.53±0.04	0.52±0.05	6.18±1.24^{ab}
ซีเอ็มซีทางการค้าร้อยละ 9	24.19±6.92^{a}	0.54±0.04	0.54±0.07	7.01±2.76^{a}
ซีเอ็มซีจากฟางข้าวร้อยละ 3	18.59±6.91^{ab}	0.48±0.02	0.52±0.03	4.53±1.37^{bc}
ซีเอ็มซีจากฟางข้าวร้อยละ 6	21.02±4.13^{a}	0.50±0.07	0.53±0.04	5.51±1.14^{ab}
ซีเอ็มซีจากฟางข้าวร้อยละ 9	24.11±5.04^{a}	0.52±0.03	0.53±0.09	6.84±2.47^{a}

$^{a, b, c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 6 การยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของปาท่องโก๋ที่เติมซีเอ็มซีทางการค้าและซีเอ็มซีจากฟางข้าวขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.075 มม. ปริมาณต่างๆ

ตัวอย่างปาท่องโก๋	สี[ns]	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ไม่เติมซีเอ็มซี	7.33±0.47	7.33±0.47[a]	7.38±0.49[a]	7.38±0.49[a]
ซีเอ็มซีทางการค้าร้อยละ 3	7.35±0.48	7.28±0.51[ab]	7.35±0.53[ab]	7.33±0.47[ab]
ซีเอ็มซีทางการค้าร้อยละ 6	7.40±0.50	7.20±0.52[bc]	7.23±0.42[ab]	7.23±0.48[ab]
ซีเอ็มซีทางการค้าร้อยละ 9	7.35±0.48	7.10±0.42[c]	6.08±0.69[c]	6.25±0.49[c]
ซีเอ็มซีจากฟางข้าวร้อยละ 3	7.33±0.47	7.25±0.49[b]	7.33±0.47[ab]	7.28±0.45[ab]
ซีเอ็มซีจากฟางข้าวร้อยละ 6	7.38±0.49	7.18±0.50[bc]	7.20±0.46[b]	7.18±0.50[b]
ซีเอ็มซีจากฟางข้าวร้อยละ 9	7.30±0.46	7.10±0.42[c]	6.03±0.70[c]	6.15±0.55[c]

[a. b. c] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4. สรุปผลการทดลอง

ขนาดอนุภาคของซีเอ็มซีจากฟางข้าวที่เหมาะสมสำหรับเติมในผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋ คือ ซีเอ็มซีที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.075 มม. และปริมาณของซีเอ็มซีที่เหมาะสมสำหรับเติมในผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋ คือ ปริมาณร้อยละ 6 โดยน้ำหนักแป้ง เนื่องจากปาท่องโก๋ดังกล่าวมีคะแนนการยอมรับประมาณ 7 คะแนน หมายถึงชอบปานกลาง มีค่าความแข็งและค่าการเคี้ยวต่ำ และสามารถลดการอมน้ำมันได้ประมาณร้อยละ 23 เมื่อเปรียบเทียบกับปาท่องโก๋ที่ไม่ได้เติมซีเอ็มซี

5. คำขอบคุณ

คณะผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ทุนจากงบรายได้เพื่อสนับสนุนการทำวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

1. ลักขณา สิริรัตนพลกุล, 2547, “ไฟเบอร์ เส้นใยอาหาร สายใยชีวิต”, *วารสารเพื่อสุขภาพ*, ฉบับที่ 10 หน้า 115-117.

2. Khalil, A. H., 1999, “Quality of French Fried Potatoes as Influenced by Coating with Hydrocolloids”, *Food Chemistry*, Vol. 66, pp. 201-208.

3. Garcia, M.A., Ferrero, C., Bertola, N., Martino, M., and Zaritzky, N., 2002, “Edible Coating from Cellulose Derivatives to Reduce oil Uptake in Fried Products”, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Vol. 3, pp. 391-397.

4. นิภาพร แสงจู, 2547, “สมบัติทางเคมีและกายภาพของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ผลิตจากฟางข้าว”, ปัญหาพิเศษ, *ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, หน้า 90.

5. นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ, 2543, *คู่มือการทำปาท่องโก๋สำหรับมืออาชีพ*, สำนักพิมพ์แม่บ้าน, กรุงเทพฯ, 28 หน้า

6. AOAC, 1990, *Official Methods of Analysis*, *15th ed*. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. 1298 p.

7. Saguy, I. S. and Pinthus, E. J., 1995, “Oil uptake during Deep Fat Flying: Factors and Mechanism”, *Food Technology*, Vol. 45, pp. 142-145.