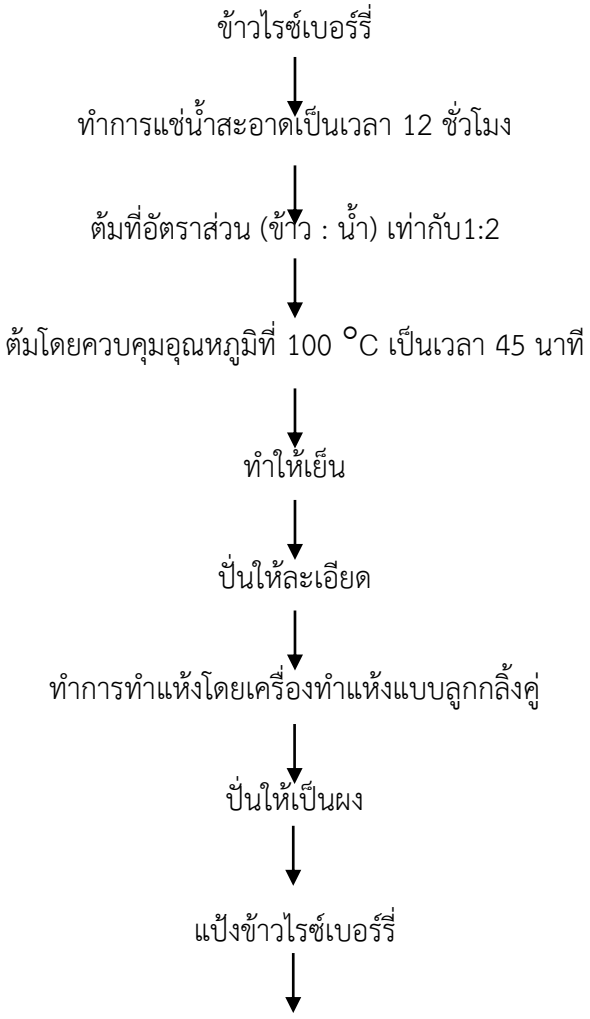
บทที่ 4

ผลของการวิจัย

4.1 ศึกษาปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์โดนัท

การศึกษาปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสม เริ่มจากการผลิตแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่โดยนำข้าวไรซ์เบอร์รี่มาแช่น้ำสะอาดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาต้มที่อัตราส่วน (ข้าว : น้ำ) เท่ากับ1:2 ต้มโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 100 °C เป็นเวลา 45 นาที ทำให้เย็น เมื่ออุณหภูมิลดลงประมาณ 30-40 °C นำไปปั่นให้ละเอียด ทำการทำแห้งโดยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (Double Drum Drier) ที่อุณหภูมิ 120-130 °C และนำไปปั่นให้เป็นผง ร่อนผ่านตะแกรง 60 เมส บรรจุแบบสุญญากาศ เก็บไว้ในตู้แช่แข็งเพื่อรอการนำไปใช้ต่อไป การผลิตแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดังภาพที่ 4.1



บรรจุแบบสุญญากาศ

↓

บรรจุแบบสุญญากาศ เก็บไว้ในตู้แช่แข็ง

ภาพที่ 4.1 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

จากนั้นนำแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและทางด้านเคมีดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 วิเคราะห์ค่าคุณภาพและทางกายภาพทางเคมีของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

ค่าคุณภาพ	
คุณภาพทางกายภาพ	
ค่าสี L*	42.05
C*	10.28
h	28.59
ค่าคุณภาพทางเคมี	
ค่า a_w	0.23
ความชื้น (กรัม/100 กรัม)	5.85
ไขมัน (กรัม/100 กรัม)	0.66
โปรตีน (กรัม/100 กรัม)	6.56
กากใย (กรัม/100 กรัม)	2.76
เถ้า (กรัม/100 กรัม)	1.45

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่ามีค่า ความสว่าง (L*) เท่ากับ 42.05 ค่าความเข้มของสี (C*) เท่ากับ 10.28 และค่า (h) มุมของสี เท่ากับ 28.59 ตามลำดับ ด้านคุณภาพทางเคมี พบว่าในแป้งไรซ์เบอร์รี่ มีค่าปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.23 ความชื้นร้อยละ 5.85ปริมาณไขมันร้อยละ 0.66 ปริมาณกากใยอาหารร้อยละ 2.76 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 4.77 ปริมาณเถ้าร้อยละ 1.45 ตามลำดับ

ศึกษาปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์โดนัท โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) โดยศึกษาปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 ของน้ำหนักแป้งสาลี สูตรของโดนัทดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์โดนัทที่มีส่วนผสมของข้าวไรซ์เบอร์รี่

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (ร้อยละ)					
	Control	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3	สูตรที่4	สูตรที่5
แป้งสาลี	100	90	80	70	60	50
แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	0	10	20	30	40	50
น้ำ	49	49	49	49	49	49
น้ำตาล	8	8	8	8	8	8
เนยขาว	18	18	18	18	18	18
นมผง	4	4	4	4	4	4
ไข่ไก่	13	13	13	13	13	13
ยีสต์	2	2	2	2	2	2
เกลือ	1	1	1	1	1	1

กรรมวิธีการผลิตโดนัทเริ่มจาก ร่อนแป้งทั้ง 2 ชนิด และใส่ยีสต์และนมผงลงในส่วนผสมของแป้ง คนให้เข้ากัน ผสมน้ำตาล เกลือและไข่ลงในน้ำ ใส่ลงในแป้ง ตีผสมให้เข้ากันจากนั้นเติมเนยขาว นวดต่อจนเนียน พักไว้ประมาณ 15 นาที คลึงแป้งหนา 1 เซนติเมตร ให้พิมพ์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว พักไว้ในเครื่องหมักโดโดยใช้เวลา 60 นาที อุณหภูมิ 35°C และความชื้นสัมพัทธ์ 70 ซึ่งแป้งจะขึ้นโด ประมาณ 2 เท่า นำไปทอดโดยใช้อุณหภูมิ 170-180 °C ทอดด้านละ 50 วินาที (ทอดทีละด้านแล้วจึงพลิก) เมื่อโดนัทสุกเหลือง ตักขึ้นพักไว้สะเด็ดน้ำมันเป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส ดังต่อไปนี้

4.1.1 คุณภาพทางกายภาพ

คุณภาพด้านสี พบว่าค่าความสว่างของโดนัททั้ง 6 ระดับ เมื่อเพิ่มแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มากขึ้นจะทำให้ค่าความสว่างลดลงแล้วมีค่าความเข้มมากขึ้น และค่ามุมของสีอยู่ในช่วงสีแดงถึงสีเหลืองทั้งเปลือกนอกและเปลือกในเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าสีแดงมากกว่าเมื่อเทียบกับแป้งสาลีที่ใช้เป็นวัตถุดิบจึงทำให้สีเข้มขึ้น

ตารางที่ 4.3 สีเปลือกนอกของโดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

แป้งสาลี:แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	ค่าสี		
ค่าสีเปลือกนอก	L*	C*	h
100:0	58.34[a]	5.98[f]	69.57[a]
90:10	48.49[b]	7.72[e]	62.99[b]
80:20	41.76[c]	10.76[d]	54.15[c]
70:30	39.89[d]	17.36[c]	49.56[d]
60:40	38.53[d]	23.97[b]	40.94[e]
50:50	36.50[e]	36.26[a]	36.05[f]
ค่าสีเนื้อใน			
100:0	76.17[a]	4.14[e]	86.88[a]
90:10	58.28[b]	5.13[d]	63.05[b]
80:20	48.61[c]	5.31[d]	49.30[c]
70:30	39.70[d]	10.98[c]	31.39[d]
60:40	34.93[e]	13.30[b]	25.31[e]
50:50	34.61[e]	25.61[a]	16.36[f]

หมายเหตุ [a-f]หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสโดยการวัดค่าด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง การเกาะรวมตัวกัน ความยืดหยุ่น และความคงทนต่อการเคี้ยว ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของโดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่

แป้งสาลี:แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	ปริมาตรจำเพาะ (mL/g)	ความแข็ง	การเกาะรวมตัว	ความยืดหยุ่น	ความคงทนต่อการเคี้ยว
100:0	2.99[a]	2.27[c]	1.98[a]	0.75[a]	1.44[a]
90:10	2.90[a]	2.58[c]	1.90[b]	0.72[a]	1.28[ab]
80:20	2.79[a]	3.27[c]	0.60[c]	0.71[a]	1.06[ab]
70:30	2.23[ab]	3.79[c]	0.41[c]	0.62[a]	0.92[ab]
60:40	2.19[ab]	7.61[b]	0.24[c]	0.55[a]	0.87[ab]
50:50	1.62[b]	11.00[a]	0.15[c]	0.15[b]	0.73[b]

หมายเหตุ [a-c]หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่แตกต่างกันมีผลทำให้การรวมตัว, การยืดหยุ่นและที่ความคงทนต่อการเคี้ยว ลดลงซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้นจากตารางที่ 4.4 โดยค่าความแข็ง การยืดหยุ่นและความคงทนต่อการเคี้ยวของโดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งสาลีต่อแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ เท่ากับ 100 : 0, 90 : 10, 80 : 20 และ 70 : 30 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้านการเกาะรวมตัวกันของโดนัทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยโดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มขึ้นจะทำให้การเกาะรวมตัวของโดนัทลดลง ด้านปริมาตรจำเพาะของโดนัท พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่จะทำให้ปริมาตรจำเพาะของโดนัทลดลง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณกลูเตนในโดนัทลดลงซึ่งจะส่งผลต่อโครงสร้างและลักษณะเนื้อสัมผัสของโดนัท ซึ่งสอดคล้องกับ Lee et al. (2007) ซึ่งพบว่าค่าความแข็งของขนมปังที่ใช้แป้งข้าวเหนียวดำเพิ่มขึ้นเมื่อใช้แป้งข้าวเหนียวดำเพิ่มขึ้น

4.1.2 คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของโดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดังตารางที่ 4.5 พบว่า เมื่อเพิ่มแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มากขึ้นจะทำค่า a_w ปริมาณความชื้น และปริมาณโปรตีนลดลง ปริมาณไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณกากใยและปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากผลของการทอดโดนัท ซึ่งระหว่างการทอด โดนัทจะได้รับความร้อนโดยมีน้ำมันเป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อน ความร้อนของน้ำมันที่อุณหภูมิสูงกว่า 170 C ทำให้น้ำภายในโดนัทเดือด น้ำระเหยจากภายในออกสู่ภายนอก ทำให้ความชื้นของโดนัทลดลง ในขณะเดียวกันความชื้นลดลงจะส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ ปริมาณโปรตีนของโดนัทที่ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เนื่องจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณที่ต่ำกว่าแป้งสาลีมาก ด้านปริมาณกากใยและปริมาณเถ้าที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณกากใยและเถ้าในปริมาณที่สูง ซึ่ง Yodmanee et al, (2011) รายงานว่า ข้าวที่มีรงควัตถุสีม่วงจะมี ธาตุเหล็ก อยู่ในช่วง 0.91-1.66 มิลลิกรัม / 100 กรัม และจะมี ธาตุเหล็ก สูงกว่า ข้าว สีแดง สี น้ำตาล

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางเคมีของโดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่

แป้งสาลี:แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	a_w	ความชื้น	ไขมัน	กากใย	โปรตีน	เถ้า
100:0	0.92^{a}	31.16^{a}	53.25^{a}	0.20^{f}	9.50^{a}	1.33^{c}
90:10	0.92^{a}	30.88^{a}	48.32^{b}	0.34^{e}	9.02^{b}	1.35^{bc}
80:20	0.91^{a}	27.23^{ab}	43.70^{c}	0.56^{d}	8.05^{c}	1.36^{bc}
70:30	0.91^{a}	26.15^{ab}	38.90^{d}	0.66^{c}	7.79^{d}	1.38^{bc}
60:40	0.91^{a}	23.84^{bc}	36.92^{de}	0.73^{b}	7.00^{e}	1.39^{bc}
50:50	0.87^{b}	19.12^{c}	34.55^{e}	0.82^{a}	6.74^{f}	1.54^{a}

หมายเหตุ $^{a-f}$หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.1.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 4.6 คะแนนความชอบเฉลี่ยของโดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรต่างๆ พบว่า ทุกคุณลักษณะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความชอบด้านสี ความนุ่มและความชอบโดยรวมมีแนวโน้มลดลง อาจเนื่องจากค่าความสว่างของโดนัทที่ลดลงส่งผลต่อคะแนนความชอบเฉลี่ยที่ลดลง ด้านคะแนนความชอบเฉลี่ยความนุ่มของโดนัทจะลดลงเมื่อปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งของโดนัทจากการวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ ดังตารางที่ 4.4 คุณลักษณะด้านกลิ่นข้าวไรซ์เบอร์รี่ของโดนัทพบว่า เมื่อปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มมากขึ้นความชอบด้านกลิ่นจะเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านรสชาติของโดนัทจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อปริมาณ แป้งสาลี : แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ เท่ากับ 70 : 30 และจะลดลงเมื่อเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ด้านคะแนนความชอบโดยรวมพบว่าโดนัทที่มีปริมาณ แป้งสาลี : แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ เท่ากับ 90 : 10, 80 : 20 และ 70 : 30 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับโดนัทสูตรควบคุม ดังนั้นจึงเลือกโดนัทที่มีปริมาณ แป้งสาลี : แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ เท่ากับ 70 : 30 มาศึกษาการลดปริมาณไขมันจากการดูดซึมน้ำมันทอดต่อไป

ตารางที่ 4.6 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์โดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่

แป้งสาลี:แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	สี	กลิ่นข้าวไรซ์เบอร์รี่	รสชาติ	ความนุ่ม	ความชอบโดยรวม
100:0	5.53^{c}	3.13^{e}	5.40^{d}	8.03^{a}	7.83^{a}
90:10	7.36^{a}	5.86^{d}	6.76^{b}	7.66^{a}	7.76^{a}
80:20	7.80^{a}	6.93^{c}	7.20^{b}	7.63^{a}	7.73^{a}
70:30	6.63^{b}	7.53^{b}	8.00^{a}	7.06^{b}	7.70^{a}
60:40	6.73^{b}	7.86^{b}	5.96^{c}	5.00^{c}	6.10^{b}
50:50	4.53^{d}	8.33^{a}	6.03^{c}	3.30^{d}	4.60^{c}

หมายเหตุ $^{a-e}$หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2 การศึกษาชนิดและปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ที่นำมาใช้ในการลดปริมาณการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์โดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

การศึกษาชนิดและปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ที่นำมาใช้ในการลดปริมาณการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์โดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด ได้แก่ hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) และ Methycellulose โดยเคลือบสารละลายไฮโดรคอลลอยด์ดังกล่าวที่ผิวของโดนัทเพียงอย่างเดียว เคลือบสารละลายไฮโดรคอลลอยด์และใส่สารไฮโดรคอลลอยด์ลงไปในโดนัท และใส่สารไฮโดรคอลลอยด์ลงไปในโดนัทเพียง

อย่างเดียว ซึ่งปริมาณและวิธีการเตรียมสารไฮโดรคอลลอยด์ดัดแปลงจาก Kim et al. (2015) สูตรโดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.7 การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์โดนัทที่มีส่วนผสมของข้าวไรซ์เบอร์รี่

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (ร้อยละ)							
	Control	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3	สูตรที่4	สูตรที่5	สูตรที่6	สูตรที่7
แป้งสาลี	100	70	70	70	70	70	70	70
แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	0	30	30	30	30	30	30	30
น้ำ	49	49	49	49	49	49	49	49
น้ำตาล	8	8	8	8	8	8	8	8
เนยขาว	18	18	18	18	18	18	18	18
นมผง	4	4	4	4	4	4	4	4
ไข่ไก่	13	13	13	13	13	13	13	13
ยีสต์	2	2	2	2	2	2	2	2
เกลือ	1	1	1	1	1	1	1	1
HPMC	-	-	-	-	10	10	-	-
MC	-	-	-	-	-	-	10	10
สารละลาย HPMC	-	-	/	-	-	/	-	-
สารละลาย MC	-	-	-	/	-	-	-	/

หมายเหตุ control หมายถึง โดนัทแป้งสาลี

สูตรที่ 1 หมายถึง โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30

สูตรที่ 2 หมายถึง โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอด

สูตรที่ 3 หมายถึง โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย MC ก่อนทอด

สูตรที่ 4 หมายถึง โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม HPMC

สูตรที่ 5 หมายถึง โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม HPMC และเคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอด

สูตรที่ 6 หมายถึง โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม MC

สูตรที่ 7 หมายถึง โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม MC และเคลือบผิวด้วย MC ก่อนทอด

กรรมวิธีการผลิตโดนัทเริ่มจาก ร่อนแป้งทั้ง 2 ชนิด และใส่ยีสต์ นมผง HPMC และ MC ตามส่วนผสมในสูตร ลงในส่วนผสมของแป้งคนให้เข้ากัน ผสมน้ำตาล เกลือและไข่ลงในน้ำ ใส่ลงในแป้ง ตีผสมให้เข้ากันจากนั้นเติมเนยขาว นวดต่อจนเนียน พักไว้ประมาณ 15 นาที คลึงแป้งหนา 1 เซนติเมตร ให้พิมพ์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ใช้แปรงจุ่มสารละลาย 1% HPMC หรือสารละลาย 1% MC ตามส่วนผสมในสูตรให้ทั่ว พักไว้ในเครื่องหมักโดโดยใช้เวลา 60 นาที อุณหภูมิ 35°C และความชื้นสัมพัทธ์ 70 ซึ่งแป้งจะขึ้นโด ประมาณ 2 เท่า นำไปทอดโดยใช้อุณหภูมิ 170-180 °C ทอดด้านละ 50 วินาที (ทอดทีละด้านแล้วจึงพลิก) เมื่อโดนัทสุกเหลือง ตักขึ้นพักไว้สะเด็ดน้ำมันเป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส ดังต่อไปนี้

4.2.1 คุณภาพทางกายภาพ

คุณภาพด้านสี พบว่าค่าความสว่างของเปลือกนอกโดนัทไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยโดนัทแป้งสาลีมีค่าความสว่าง (L*) สูงที่สุด รองลงมาคือ โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิว ด้วย MC ก่อนทอด โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม HPMC มีค่าความสว่างต่ำที่สุด ด้านค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของเปลือกนอกโดนัท พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดนัทแป้งสาลีมีค่าความเป็นสีแดงสูงที่สุด รองลงมาคือ โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม MC และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอดมีค่าความเป็นสีแดงต่ำที่สุด ด้านความเป็นสีเหลืองโดนัทแป้งสาลีมีค่าความเป็นสีเหลืองสูงที่สุด รองลงมาคือโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม MC และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอดมีค่าความเป็นสีเหลืองต่ำที่สุด

ค่าสีเนื้อในของโดนัทพบว่า ค่าสีเนื้อในของโดนัทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าความสว่างของโดนัทแป้งสาลีมีค่าความสว่างมากที่สุด รองลงมาคือโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม MC และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 มีค่าความสว่างต่ำที่สุด ด้านความเป็นสีแดงพบว่า โดนัทแป้งสาลีมีค่าความเป็นสีแดงน้อยที่สุด และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม HPMC มีค่าความเป็นสีแดงมากที่สุด ด้านความเป็นสีเหลืองพบว่า โดนัทแป้งสาลีมีค่าความเป็นสีเหลืองมากที่สุด รองลงมาคือ โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม HPMC และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 มีค่าความเป็นสีเหลืองต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.8 สีเปลือกนอกและค่าสีเนื้อในของโดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรต่างๆ

ค่าสี	Control	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3	สูตรที่4	สูตรที่5	สูตรที่6	สูตรที่7
เปลือกนอก								
L*(ns)	40.63	37.86	40.38	40.10	36.42	37.71	36.67	37.62
a*	9.03^{a}	6.97^{ab}	6.00^{b}	7.92^{ab}	8.36^{a}	8.57^{a}	8.79^{a}	8.40^{a}
b*	16.17^{a}	8.09^{b}	7.29^{b}	9.75^{b}	10.34^{b}	11.10^{b}	11.56^{b}	10.54^{b}
เนื้อใน								
L*	50.90^{a}	38.89^{c}	43.95^{b}	41.88^{bc}	42.94^{bc}	43.30^{bc}	43.48^{bc}	43.86^{b}
a*	-0.23^{c}	6.34^{b}	6.24^{b}	6.26^{b}	7.08^{a}	6.85^{ab}	6.82^{ab}	6.84^{ab}
b*	8.62^{a}	6.93^{c}	7.03^{bc}	7.22^{bc}	7.85^{b}	7.52^{bc}	7.59^{bc}	7.52^{bc}

หมายเหตุ $^{a-c}$หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($p \leq 0.05$)

ดังนั้นการเติมและการเคลือบผิวโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยไฮโดรคอลลอยด์สามารถปรับปรุงคุณภาพด้านสีของโดนัทได้ดังตารางที่ 4.8

คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสโดยการวัดค่าด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง การเกาะรวมตัวกัน ความยืดหยุ่น และความคงทนต่อการเคี้ยว ดังตารางที่ 4.9 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าความแข็งของโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอดมีค่าความแข็งต่ำที่สุดโดยไม่แตกต่างจากโดนัทแป้งสาลีและ โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย MC ก่อนทอด และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม HPMC และเคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอดมีค่าความแข็งสูงที่สุด

ตารางที่ 4.9 คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของโดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่สูตรต่างๆ

ค่าเนื้อสัมผัส	Control	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3	สูตรที่4	สูตรที่5	สูตรที่6	สูตรที่7
ปริมาตรจำเพาะ (mL/g)	3.90^{b}	1.54^{d}	5.08^{a}	4.27^{ab}	2.74^{c}	2.69^{c}	2.24^{cd}	2.27^{cd}
ความแข็ง (N)	3.48^{cd}	4.54^{c}	3.15^{d}	3.63^{cd}	7.73^{a}	8.12^{a}	6.45^{b}	6.23^{b}
การเกาะรวมตัว	0.43^{a}	0.40^{bc}	0.42^{ab}	0.43^{a}	0.36^{d}	0.37^{cd}	0.39^{c}	0.38^{cd}
ความยืดหยุ่น	0.87^{a}	0.78^{ab}	0.84^{ab}	0.81^{ab}	0.76^{ab}	0.75^{b}	0.80^{ab}	0.74^{b}
ความคงทนต่อการเคี้ยว(kgf)	1.44^{d}	1.52^{cd}	1.25^{d}	1.38^{d}	2.43^{a}	2.51^{a}	2.28^{ab}	1.95^{bc}

หมายเหตุ $^{a-d}$หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ด้านการเกาะรวมตัวของโดนัท พบว่าโดนัทแป้งสาลีมีค่าการเกาะรวมตัวกันมากที่สุดซึ่งไม่แตกต่างจาก โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอด และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย MC ก่อนทอด และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม HPMC มีค่าการเกาะรวมตัวกันต่ำที่สุด ด้านความยืดหยุ่นของโดนัท พบว่าโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอด โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย MC ก่อนทอด โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม HPMC และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม MC มีค่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างจากโดนัทแป้งสาลี ด้านความคงทนต่อการเคี้ยว พบว่า โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอด โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย MC ก่อนทอด มีค่าความคงทนต่อการเคี้ยวไม่แตกต่างจากโดนัทแป้งสาลี ด้านปริมาตรจำเพาะของโดนัท พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอดมีปริมาตรจำเพาะสูงที่สุดซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย MC ก่อนทอด และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 มีปริมาตรจำเพาะต่ำที่สุด จากตารางที่ 4.9 พบว่า การเคลือบผิวโดนัทก่อนทอดด้วย HPMC และ MC ส่งผลต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและปริมาตรจำเพาะ โดยทำให้ค่าความแข็ง การเกาะรวมตัว ความยืดหยุ่น ความคงทนต่อการเคี้ยว ดีขึ้นและไม่แตกต่างจากโดนัทแป้งสาลี นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาตรจำเพาะของโดนัทสูงขึ้นอีกด้วย ในขณะที่การใส่ HPMC และ MC ลงไปในส่วนผสมของโดนัท และการใส่และเคลือบ HPMC และ MC ลงไปในส่วนผสมของโดนัท ไม่ได้ช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและปริมาตรจำเพาะของโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30

4.2.2 คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของโดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดังตารางที่ 4.5 พบว่า ความชื้นของโดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรต่างๆ จะมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นกว่าโดนัทสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเคลือบโดนัทด้วย HPMC, MC , ใส่ HPMC, MC และ ใส่ HPMC, MC และเคลือบ HPMC, MC ทำให้ความชื้นของโดนัทเพิ่มขึ้น โดยพบว่า โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม MC และเคลือบผิวด้วย MC ก่อนทอด มีปริมาณความชื้นสูงที่สุดซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับโดนัทสูตรที่ใช้ HPMC โดยการเคลือบผิวก่อนทอด การใส่ HPMC และทั้งใส่และเคลือบก่อนทอด ทั้งนี้เนื่องจาก HMPC และ MC เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มีคุณสมบัติในการช่วยชะลอการสูญเสียน้ำออกจากผลิตภัณฑ์นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการสูญเสียความชื้นระหว่างกระบวนการให้ความร้อนขณะเดียวกันจะช่วยป้องกันการระเหยของน้ำออกจากเปลือกนอกของผลิตภัณฑ์ขนมอบ ภายหลังการอบเสร็จแล้วด้วย (นิธิยา, 2545)

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางเคมีของโดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่สูตรต่างๆ

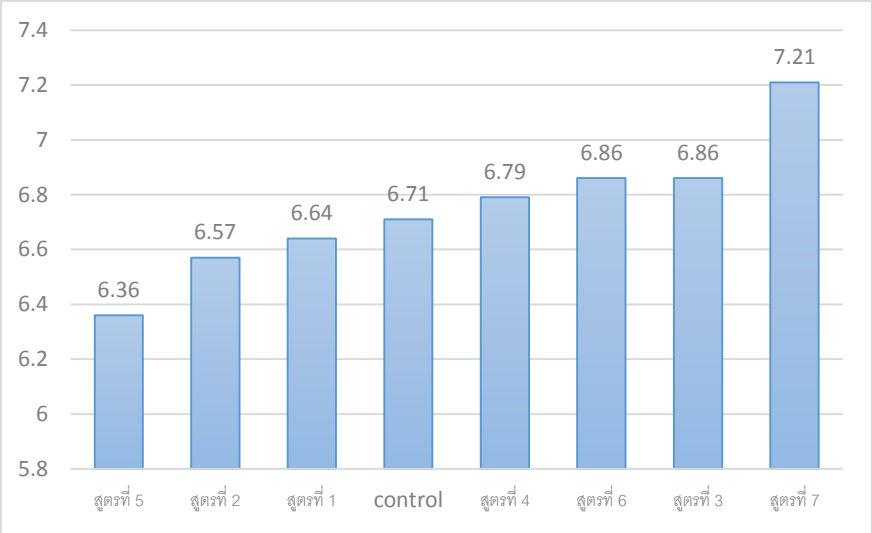
ค่าเนื้อสัมผัส	Control	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3	สูตรที่4	สูตรที่5	สูตรที่6	สูตรที่7
ความชื้น (g/100g)	17.49^{b}	18.85^{ab}	19.79^{ab}	21.14^{a}	19.58^{ab}	20.34^{ab}	21.40^{a}	22.01^{a}
ไขมัน (g/100g)	53.25^{a}	38.90^{b}	37.43^{bc}	34.90^{c}	34.60^{c}	36.54^{bc}	29.24^{d}	29.95^{d}

หมายเหตุ $^{a-f}$หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ด้านปริมาณไขมันของโดนัทสูตรต่างๆ พบว่า โดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรต่างๆ มีปริมาณไขมันแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติกับโดนัทสูตรควบคุม ปริมาณไขมันของโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม MC และเคลือบผิวด้วย MC ก่อนทอดและโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม MC มีปริมาณไขมันน้อยที่สุด รองลงมาคือ โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม HPMC และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย MC ก่อนทอด ส่วนโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอด และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม HPMC และเคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอด มีปริมาณไขมันไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ จากผลการทดลองการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์สามารถช่วยลดปริมาณไขมันในโดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ได้ โดยการใช้ MC สามารถช่วยลดปริมาณไขมันได้มากที่สุด ซึ่ง HPMC และ MC เป็นตัวช่วยป้องกันไม่ให้น้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร ถูกดูดซึมเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์อาหารมากเกินไป (นิธิยา, 2545)

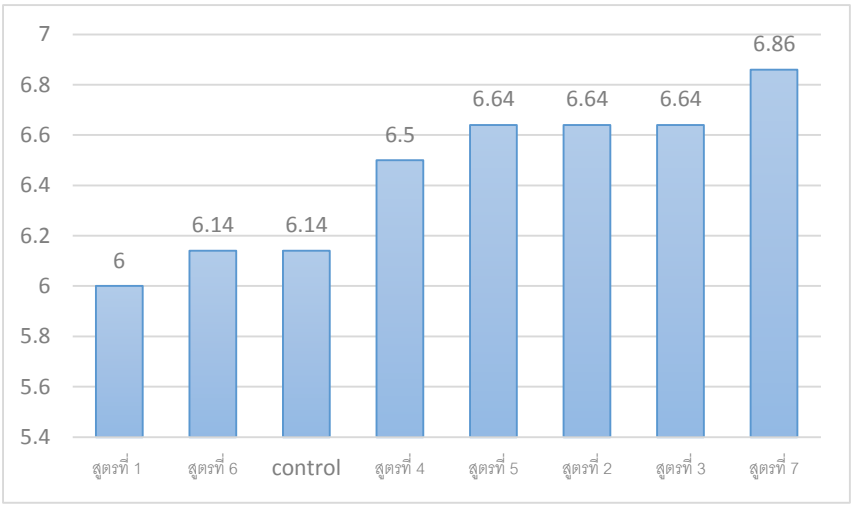
4.2.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 4.6 คะแนนความชอบเฉลี่ยของโดนัทที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรต่างๆ พบว่า คุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ ความนุ่มและความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรควบคุม



ภาพที่ 4.2 คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสีของโดนัทสูตรต่างๆ

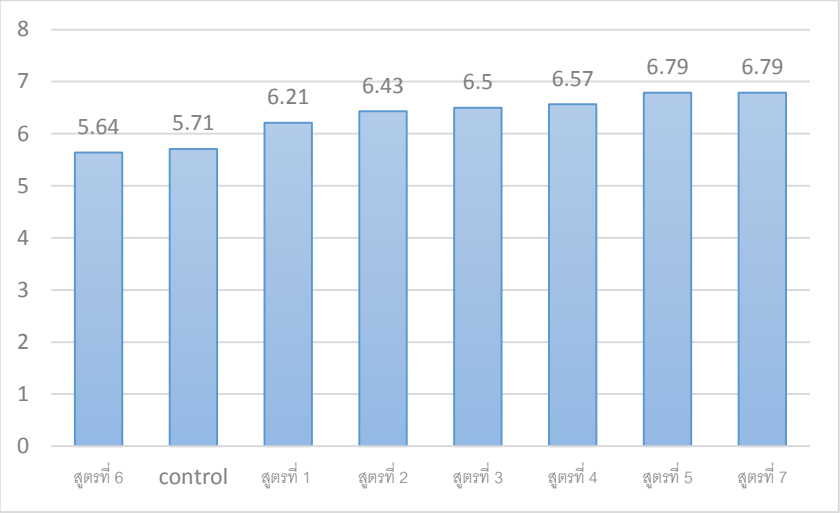
จากภาพที่ 4.2 พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสีของโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม MC และเคลือบผิวด้วย MC ก่อนทอด ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสีมากที่สุด รองลงมาคือโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย MC ก่อนทอด และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม MC และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม HPMC และเคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอด ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสีน้อยที่สุด



ภาพที่ 4.3 คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นของโดนัทสูตรต่างๆ

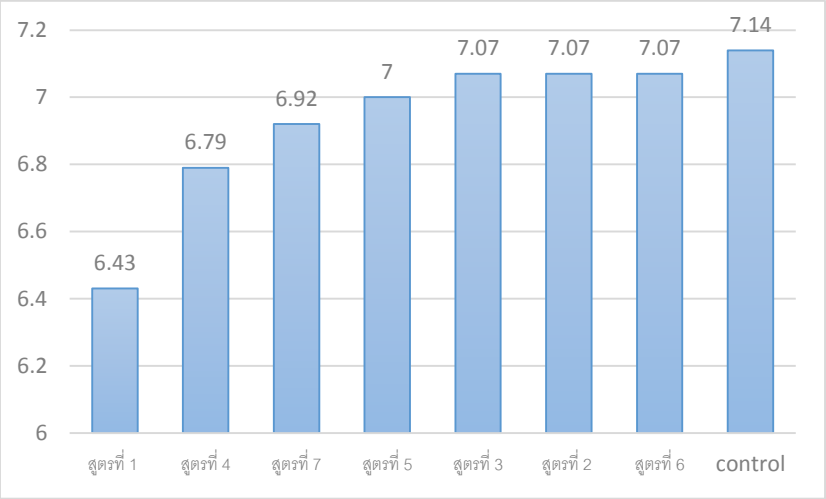
จากภาพที่ 4.3 พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นของโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม MC และเคลือบผิวด้วย MC ก่อนทอด ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ย

ด้านกลิ่นมากที่สุด รองลงมาคือโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย MC ก่อนทอด โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 เคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอด และหมายถึง โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม HPMC และเคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอด ส่วนโดนัทสูตรควบคุมได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นน้อยที่สุด เนื่องจากไม่มีกลิ่นของข้าว



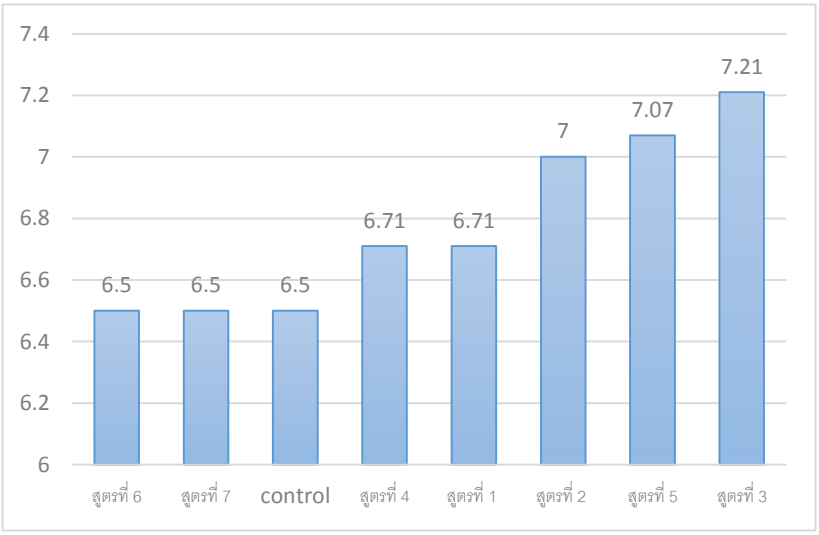
ภาพที่ 4.4 คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านรสชาติของโดนัทสูตรต่างๆ

จากภาพที่ 4.4 พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านรสชาติของโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม MC และเคลือบผิวด้วย MC ก่อนทอดและโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม HPMCและเคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอดได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านรสชาติมากที่สุด รองลงมาคือ โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม HPMC และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม MC ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านรสชาติน้อยที่สุด



ภาพที่ 4.5 คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านความนุ่มของโดนัทสูตรต่างๆ

จากภาพที่ 4.5 พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านรสชาติของโดนัทสูตรควบคุมได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านความนุ่มมากที่สุด รองลงมาคือ โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม MC และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 และเคลือบผิวด้วย HPMC และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 และเคลือบผิวด้วย MC โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านด้านความนุ่มน้อยที่สุด



ภาพที่ 4.6 คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านความชอบโดยรวมของโดนัทสูตรต่างๆ

จากภาพที่ 4.6 พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านความชอบโดยรวมของโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 และเคลือบผิวด้วย MC ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านความชอบโดยรวมมากที่สุด รองลงมาคือ โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม HPMC และเคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอด และโดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม HPMC และเคลือบผิวด้วย HPMC ก่อนทอด โดนัททดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 ผสม MC และเคลือบผิวด้วย MC ก่อนทอด และโดนัทสูตรควบคุมได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านความชอบโดยรวมน้อยที่สุด