บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. การเตรียมเซลลูโลสจากกากอ้อย

กากอ้อยที่ใช้ในการเตรียมเซลลูโลสเป็นกากอ้อยที่ปอกเปลือกแล้ว นำมาผ่านขั้นตอนการเตรียมเซลลูโลสตามผังในรูปที่ 3.1 ผลที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาวอมเหลือง สำหรับผลผลิตของกากอ้อยหลังจากผ่านขั้นตอนการผลิตต่างๆจนได้เป็นเซลลูโลสนั้น แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ร้อยละของผลผลิตเซลลูโลสจากกากอ้อย ภายหลังจากผ่านกระบวนการผลิตต่างๆ

กากอ้อยภายหลังผ่านขั้นตอนการผลิต	ร้อยละกากอ้อยโดยน้ำหนักแห้ง
บดด้วย disk mill	99.16
ล้างด้วยน้ำ	65.43
กำจัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (2 ครั้ง)	34.53
ฟอกสีด้วยไฮโปคลอไรต์	13.34
บดด้วยเครื่อง pin mill	13.02

หมายเหตุ ความชื้นโดยเฉลี่ยของกากอ้อยที่ใช้เป็นวัตถุดิบร้อยละ 6.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I18841636

2. <u>การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของเซลลูโลสจากกากอ้อยเปรียบเทียบกับ Solka floc และ Methocel</u>

นำเซลลูโลสจากกากอ้อย (Bagasse Cellulose ต่อไปจะเรียกย่อว่า BC) ที่ผลิตได้กับเซลลูโลส Solka floc ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท อินเตอร์กู๊ดส์ จำกัด และ Methocel ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท รามาโปรดั๊กชั่น จำกัด วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (water-soluble substances) ปริมาณคลอรีน และปริมาณเซลลูโลส ดังผลในตารางที่ 4.2 สำหรับผลการศึกษาทางกายภาพได้วิเคราะห์ค่า water retention capacities และ oil retention capacities แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีของเซลลูโลสจากกากอ้อยที่เตรียมได้และตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมี	BC	Solka floc	Methocel
ความชื้น (%)	6.10 $\pm$ 0.25	5.08 $\pm$ 0.18	2.86 $\pm$ 0.03
เถ้า (%)	0.27 $\pm$ 0.02	0.23 $\pm$ 0.03	0.43 $\pm$ 0.25
ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%)	0.09 $\pm$ 0.03	0.11 $\pm$ 0.02	1.93 $\pm$ 0.27
คลอรีน (%)	0.01 $\pm$ 0.01	0.02 $\pm$ 0.01	0.03 $\pm$ 0.01
เซลลูโลส (%)	97.41 $\pm$ 0.18	97.72 $\pm$ 0.42	102.74 $\pm$ 3.28

BC : เซลลูโลสจากกากอ้อย

Solka floc : เซลลูโลสทางการค้า

Methocel : เมทิลเซลลูโลสทางการค้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายภาพของเซลลูโลสจากกากอ้อยที่เตรียมได้และตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

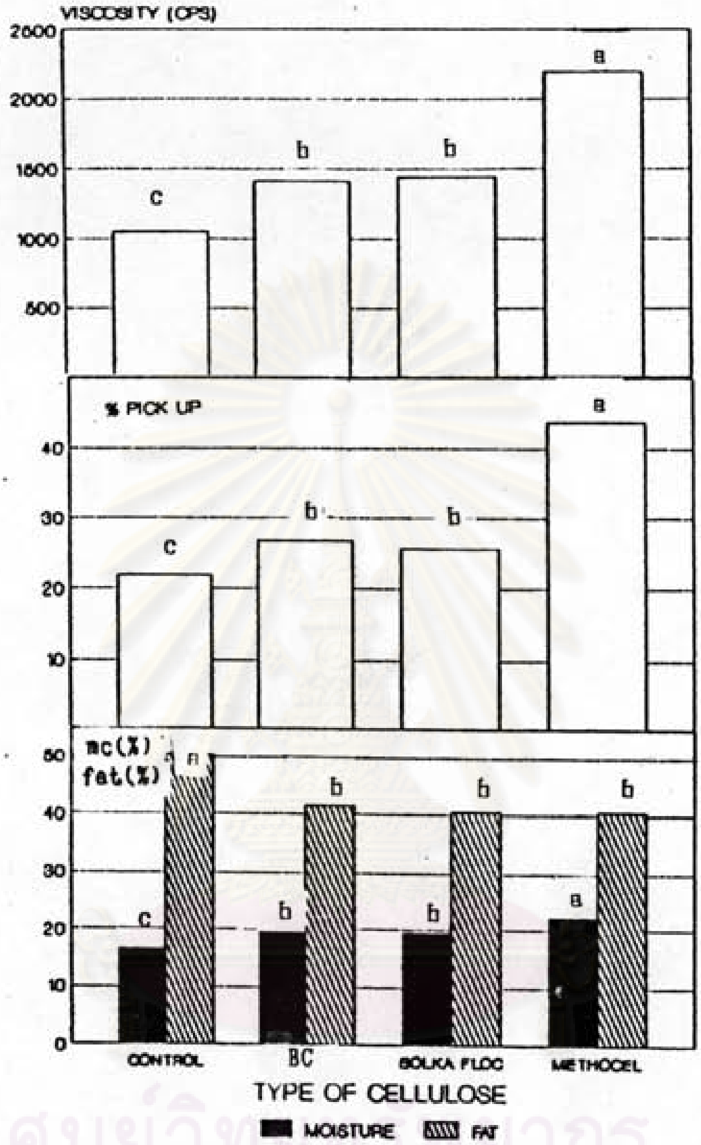
ชนิดของเซลลูโลส	water retention capacities กรัมน้ำ/เซลลูโลส100กรัม	oil retention capacities กรัมน้ำมัน/เซลลูโลส100กรัม
BC	793 ± 60	641 ± 23
Solka floc	938 ± 30	838 ± 17
Methocel	nm	312 ± 53

nm : ไม่สามารถวัดได้ เนื่องจากละลายน้ำหมด

3. <u>การศึกษาชนิด ปริมาณการใช้เซลลูโลส และสภาวะในการทอดของแป้งชุบทอด</u>

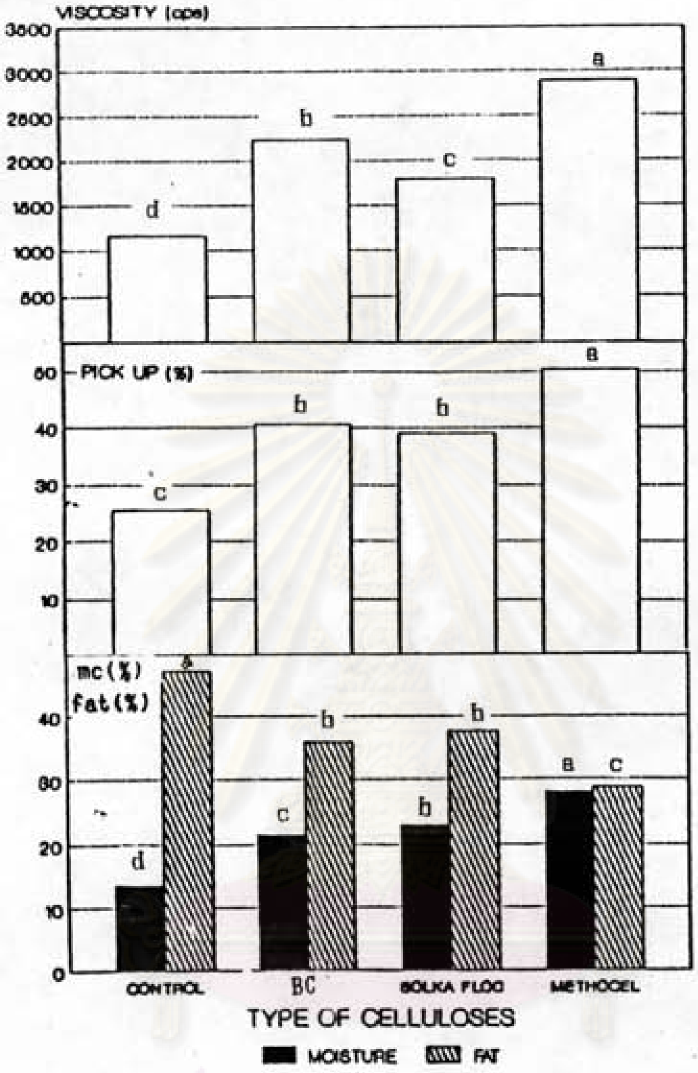
3.1 คัดเลือกชนิดของเซลลูโลสที่เหมาะสม

ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองคัดเลือกเซลลูโลสที่เหมาะสมในการลดการอมน้ำมันของแป้งชุบทอดตามสูตรต้นแบบ ซึ่งประกอบด้วย แป้งสาลีเอนกประสงค์ แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า ผงฟู เกลือ น้ำตาล กัวกัม และผงชูรส โดยแปรเซลลูโลส 3 ชนิด คือเซลลูโลสจากกากอ้อยที่เตรียมได้ Solka floc และ Methocel ปริมาณร้อยละ 1 และ 2 โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด และใช้ในลักษณะแทนที่แป้งสาลีเอนกประสงค์บางส่วน กรณีที่ใช้เซลลูโลสร้อยละ 2 ได้แปรปริมาณกัวกัมเป็นร้อยละ 0 และ 0.1 เนื่องจากการใช้กัวกัมร่วมกับเซลลูโลสบางชนิดมีผลให้ความหนืดของ batter เพิ่มขึ้น และ Methocel เป็นสารให้ความข้นหนืด จึงอาจจะไม่จำเป็นที่ต้องใช้กัวกัมในสูตรแป้งชุบทอด วิเคราะห์ความหนืดของ batter ปริมาณการเกาะติดของแป้งบนชิ้นอาหาร ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ (เฉพาะส่วนของแป้งชุบทอด) และปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์(เฉพาะส่วนของแป้งชุบทอด) ดังแสดงผลในรูปที่ 4.1-4.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงในตารางที่ 4.4-4.6



a,b,.. กราฟที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

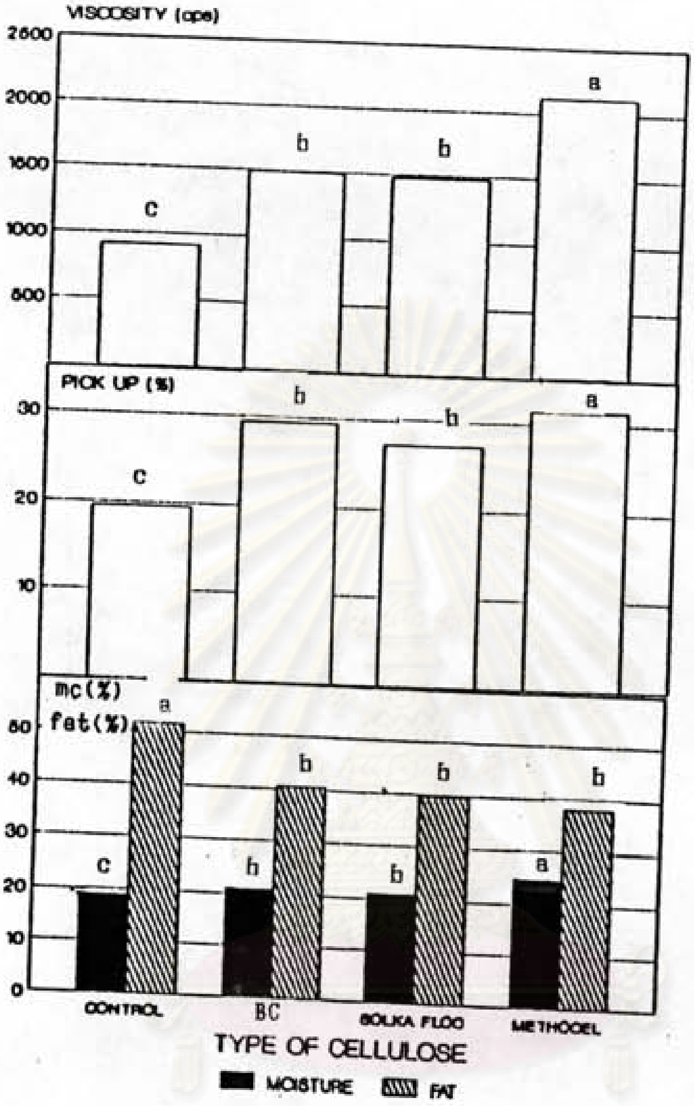
รูปที่ 4.1 สมบัติของแป้งชุบทอด เมื่อใช้เซลลูโลสต่างชนิดปริมาณร้อยละ 1



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

a,b,.. กราฟที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

รูปที่ 4.2 สมบัติของแป้งชุบทอด เมื่อใช้เซลลูโลสต่างชนิดปริมาณร้อยละ 2



a,b,.. กราฟที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

รูปที่ 4.3 สมบัติของแป้งชุบทอด เมื่อใช้เซลลูโลสต่างชนิดปริมาณร้อยละ 2 แต่ไม่เติมกัวกัม

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า ความหนืด การเกาะติด ความชื้นและไขมันของแป้งชุบทอด เมื่อใช้เซลลูโลสต่างชนิดปริมาณร้อยละ 1

SOV	d.f.	MS			
		ความหนืด	การเกาะติด	ปริมาณความชื้น	ปริมาณไขมัน
treatment	3	462766.7*	185.87*	10.61*	44.20*
error	4	525	0.29	0.23	1.62

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า ความหนืด การเกาะติด ความชื้นและไขมันของแป้งชุบทอด เมื่อใช้เซลลูโลสต่างชนิดปริมาณร้อยละ 2

SOV	d.f.	MS			
		ความหนืด	การเกาะติด	ปริมาณความชื้น	ปริมาณไขมัน
treatment	3	1062167*	207.45*	72.80*	116.90*
error	4	11537.5	0.68	0.16	1.47

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า ความหนืด การเกาะติด ความชื้นและไขมันของแป้งชุบทอด เมื่อใช้เซลลูโลสต่างชนิดปริมาณร้อยละ 2 แต่ไม่เติมกัวกัม

SOV	d.f.	MS			
		ความหนืด	การเกาะติด	ปริมาณความชื้น	ปริมาณไขมัน
treatment	3	484519.7*	139.29*	12.19*	116.90*
error	4	697	4.29	1.22	1.47

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.2 ศึกษาปริมาณเซลลูโลสที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการลดการอมน้ำมันของแป้งชุบทอด

จากการศึกษาหาปริมาณเซลลูโลสเพื่อใช้ในการลดการอมน้ำมันของไก่ชุบแป้งทอด โดยเลือกใช้ Methocel ร่วมกับกัวกัม เป็นสารช่วยลดการอมน้ำมัน เพราะสามารถลดการอมน้ำมันได้สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับ Solka floc และ Methocel แปรปริมาณ Methocelเป็น 3 ระดับ คือร้อยละ 1, 2, และ 3 ใช้แทนที่แป้งบางส่วนในสูตรแป้งชุบทอด เนื่องจากการใช้Methocel ในแป้งชุบทอดมีผลทำให้ความหนืดของ batter เพิ่มขึ้น จึงได้แปรอัตราส่วนปริมาณของแข็ง:ของเหลวในแป้งชุบทอด 3 ระดับ คืออัตราส่วน 1:1, 1:1.5 และ 1:2 วัดความหนืดของ batter ผลในตารางที่ 4.7 และคัดเลือกตัวอย่างที่มีความหนืดน้อยกว่า 4000 cps. ทำการทดลองผลิตไก่ชุบแป้งทอดตามผังในรูปที่ 3.2 วิเคราะห์ปริมาณการเกาะติดของแป้งบนชิ้นอาหาร ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ (เฉพาะส่วนของแป้งชุบทอด) ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ (เฉพาะส่วนของแป้งชุบทอด) ค่า bulk density ของแป้งชุบทอด และประเมินผลทางประสาทสัมผัสดังแสดงผลในตารางที่ 4.8-4.9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงในตารางที่ 4.10-4.12

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยความหนืดของ batter ที่มีปริมาณ Methocel และอัตราส่วนของน้ำต่างกัน

ปริมาณ Methocel ร้อยละ	อัตราส่วนแป้งผสม:น้ำ	ความหนืด (cps.ที่ 25 °C)
1	1:1	$6960^{c} \pm 509$
	1:1.5	$592^{e} \pm 28$
	1:2	$315^{e} \pm 10$
2	1:1	$13910^{b} \pm 3493$
	1:1.5	$2056^{de} \pm 56$
	1:2	$688^{e} \pm 6$
3	1:1	$19650^{a} \pm 566$
	1:1.5	$4490^{cd} \pm 56$
	1:2	$982^{e} \pm 14$

a,b,... ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื่องจากความหนืดของ batter ที่มากกว่า 4000 cps. ไม่เหมาะต่อการนำมาใช้เป็นแป้งชุบทอด จึงได้เลือก batter ที่มีความหนืดต่ำกว่า 4000 cps. คือbatter ที่ใช้ความเข้มข้นของ Methocel ร้อยละ 1 อัตราส่วนของแป้งผสม:น้ำ 1:1.5 และ1:2 ความเข้มข้นของ Methocel ร้อยละ 2 อัตราส่วนของแป้งผสม:น้ำ 1:1.5 และ1:2 และความเข้มข้นของ Methocel ร้อยละ 3 อัตราส่วนของแป้งผสม:น้ำ 1:2 ไปใช้ผลิตไก่ชุบแป้งทอด และวิเคราะห์ปริมาณการเกาะติดของแป้งบนชิ้นอาหาร ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์

(เฉพาะส่วนของแป้งชุบทอด) ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์(เฉพาะส่วนของแป้งชุบทอด) ค่า bulk density ของแป้งชุบทอด และประเมินผลทางประสาทสัมผัส ผลในตารางที่ 4.8-4.9

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยการเกาะติด, bulk density, ความชื้น และไขมัน ของแป้งชุบทอดที่มีปริมาณ Methocel และอัตราส่วนของน้ำต่างกัน

ปริมาณ Methocel (ร้อยละ)	อัตราส่วน แป้งผสม ต่อน้ำ	การเกาะติด (ร้อยละ)	bulk density^{ns} (กรัม/100มิลลิลิตร)	ความชื้น* (ร้อยละ)	ไขมัน* (ร้อยละ)^{1}
1	1:1.5	$14.70^{c} \pm 1.29$	$2.81^{a} \pm 0.13$	$11.11^{b} \pm 0.21$	$44.44^{b} \pm 1.73$
	1:2	$12.52^{c} \pm 2.47$	$1.81^{b} \pm 0.29$	$10.23^{b} \pm 1.05$	$50.06^{a} \pm 1.96$
2	1:1.5	$47.75^{a} \pm 0.50$	$2.48^{ab} \pm 0.42$	$22.71^{a} \pm 0.03$	$39.08^{c} \pm 1.77$
	1:2	$23.90^{b} \pm 2.21$	$2.12^{ab} \pm 0.38$	$9.09^{b} \pm 0.61$	$46.78^{ab} \pm 0.10$
3	1:2	$25.03^{b} \pm 1.48$	$1.90^{ab} \pm 0.40$	$9.98^{b} \pm 1.24$	$37.44^{c} \pm 1.86$

* วิเคราะห์เฉพาะส่วนของแป้งชุบทอด

1 ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

a,b,... ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแป้งชุบทอดที่มีปริมาณ Methocel และอัตราส่วนของน้ำต่างกัน

ปริมาณ Methocel (ร้อยละ)	อัตราส่วนแป้งผสมต่อน้ำ	สี (20 คะแนน)	ความกรอบ (30 คะแนน)	การอมน้ำมัน (30 คะแนน)	ความชุ่มน้ำของเนื้อไก่ (20 คะแนน)
1	1:1.5	$14.33^{bc} \pm 3.26$	$20.25^{bc} \pm 4.55$	$21.50^{ab} \pm 3.48$	$14.25^{bc} \pm 3.14$
	1:2	$12.33^{c} \pm 2.60$	$17.42^{c} \pm 4.50$	$15.25^{c} \pm 3.23$	$12.58^{c} \pm 2.67$
2	1:1.5	$16.75^{a} \pm 2.09$	$23.00^{ab} \pm 3.71$	$21.12^{ab} \pm 3.42$	$17.17^{a} \pm 2.11$
	1:2	$16.25^{ab} \pm 1.66$	$23.50^{a} \pm 4.12$	$19.33^{b} \pm 3.72$	$14.83^{b} \pm 3.24$
3	1:2	$14.83^{ab} \pm 3.71$	$24.21^{a} \pm 3.93$	$22.58^{b} \pm 2.15$	$15.33^{ab} \pm 3.45$

a,b,... ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนืดของ batter ที่มีปริมาณ Methocel และอัตราส่วนของน้ำต่างกัน

SOV	d.f.	MS
ปริมาณ Methocel (A)	2	$4.96 \times 10^{7*}$
อัตราส่วนของน้ำ (B)	2	$2.92 \times 10^{8*}$
AB	4	$1.96 \times 10^{7*}$
error	9	1420914

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการเกาะติด, ค่า bulk density ปริมาณความชื้น และปริมาณไขมันของแป้งชุบทอดที่มีปริมาณ Methocel และอัตราส่วนของน้ำต่างกัน

SOV	d.f.	MS			
		การเกาะติด	bulk density	ปริมาณความชื้น	ปริมาณไขมัน
treatment	4	390.236*	0.347	64.623*	55.41*
error	5	3.023	0.117	0.611	2.681

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแป้งชุบทอด ที่มีปริมาณ Methocel และอัตราส่วนของน้ำต่างกัน

SOV	d.f.	MS			
		สี	ความกรอบ	การอมน้ำมัน	ความชุ่มน้ำของเนื้อไก่
treatment	4	36.475*	95.004*	99.563*	33.292*
blocks	11	10.927	38.101	14.031	16.330
error	44	6.848	12.222	9.683	6.558

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทอดไก่ชุบแป้งทอด

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทอด โดยใช้ Methocel ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 และอัตราส่วนของแป้งผสมน้ำ 1:1.5 เนื่องจาก batter ที่ได้มีการเกาะติดของชิ้นอาหารดี ใช้ปริมาณ Methocel ต่ำสุด และสามารถการอมน้ำมันได้สูงสุด แปรอุณหภูมิในการทอดที่ 175, 185 และ 195 องศาเซลเซียส แปรเวลาในการทอดนาน 5, 6 และ 7 นาที วิเคราะห์ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์(เฉพาะส่วนของแป้งชุบทอด) ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ (เฉพาะส่วนของแป้งชุบทอด) ค่า bulk density ของแป้งชุบทอด และประเมินผลทางประสาทสัมผัส ผลแสดงในตารางที่ 4.13-4.18

ตารางที่ 4.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า bulk density ความชื้น และไขมันของแป้งชุบทอด เมื่อใช้ Methocel ร้อยละ 2 อัตราส่วนแป้งผสมน้ำ 1:1.5 ที่อุณหภูมิและเวลาในการทอดต่างกัน

SOV	d.f.	MS		
		bulk density	ความชื้น	ไขมัน
อุณหภูมิ (A)	2	1.378*	894.660	1.554
เวลา (B)	2	4.068×10^{-2}	2.370	14.108*
AB	4	3.043×10^{-2}	12.214*	2.551
error	9	8.536×10^{-2}	0.256	2.038

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.14 ค่าเฉลี่ย bulk density ความชื้น และไขมันของแป้งชุบทอด เมื่อใช้ Methocel ร้อยละ 2 อัตราส่วนแป้งผสม:น้ำ 1:1.5 ที่อุณหภูมิและเวลาในการทอดต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	bulk density (กรัม/100มิลลิลิตร)	ความชื้น* (ร้อยละ)	ไขมัน* (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)
175	5	4.24 ± 0.30	23.40^{a} ± 0.25	39.22 ± 1.63
	6	4.34 ± 0.13	24.40^{ab} ± 0.08	41.59 ± 0.25
	7	4.41 ± 0.47	22.43^{b} ± 0.35	43.54 ± 0.93
185	5	3.26 ± 0.16	16.52^{c} ± 0.03	41.69 ± 1.78
	6	3.56 ± 0.54	11.49^{e} ± 0.82	43.73 ± 1.80
	7	3.50 ± 0.11	11.40^{e} ± 0.23	43.60 ± 1.89
195	5	3.99 ± 0.04	11.10^{e} ± 0.34	41.55 ± 0.30
	6	3.88 ± 0.14	13.61^{d} ± 0.52	43.79 ± 2.15
	7	3.40 ± 0.29	9.74^{f} ± 1.00	43.98 ± 0.32

* วิเคราะห์เฉพาะส่วนของแป้งชุบทอด

a,b,.. ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ symmetric factorial experimental design ขนาด 3x3 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการทอดมีผลต่อค่าความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่มีผลกับ bulk density และปริมาณไขมันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ(ตารางที่ 4.13) ดังนั้นในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

จึงแยกพิจารณาค่า bulk density โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิในการทอด และแยกพิจารณาปริมาณไขมันเฉพาะอิทธิพลของเวลาในการทอด ผลดังแสดงในตารางที่ 4.15-4.16

ตารางที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยของ bulk density ของแป้งชุบทอด เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด

อุณหภูมิ (°C)	bulk density(กรัม/100 มิลลิลิตร)
175	$4.40^{a} \pm 0.15$
185	$3.44^{b} \pm 0.16$
195	$3.92^{b} \pm 0.06$

a,b,.. ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันในแป้งชุบทอด เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของเวลาที่ใช้ทอด

เวลา(นาที)	ปริมาณไขมัน(ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)
5	$40.79^{b} \pm 1.36$
6	$43.07^{a} \pm 1.20$
7	$43.71^{a} \pm 0.24$

a,b,.. ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแป้งชุบทอดที่อุณหภูมิและเวลาในการทอดต่างกัน

อุณหภูมิ °C	เวลา (นาที)	สี (20 คะแนน)	ความกรอบ (30 คะแนน)	การอมน้ำมัน (30 คะแนน)	ความชุ่มน้ำของเนื้อไก่ (20 คะแนน)
175	5	$10.92^{c} \pm 2.39$	$8.83^{d} \pm 2.44$	$20.42^{ab} \pm 3.53$	$14.33^{c} \pm 3.14$
	6	$12.58^{bc} \pm 2.47$	$17.50^{c} \pm 4.14$	$19.58^{ab} \pm 3.63$	$15.83^{abc} \pm 2.52$
	7	$14.92^{a} \pm 3.37$	$18.75^{c} \pm 3.44$	$18.17^{bc} \pm 2.37$	$15.08^{abc} \pm 2.68$
185	5	$15.17^{a} \pm 1.70$	$18.92^{c} \pm 4.44$	$17.25^{cd} \pm 3.47$	$17.00^{a} \pm 2.45$
	6	$15.17^{a} \pm 2.33$	$23.33^{ab} \pm 3.02$	$21.50^{a} \pm 2.39$	$16.33^{ab} \pm 2.39$
	7	$14.92^{a} \pm 2.81$	$17.67^{c} \pm 3.31$	$20.25^{ab} \pm 2.83$	$10.75^{d} \pm 2.67$
195	5	$13.50^{ab} \pm 2.94$	$24.50^{a} \pm 2.88$	$17.17^{cd} \pm 3.51$	$15.25^{abc} \pm 2.77$
	6	$12.67^{bc} \pm 3.31$	$22.25^{ab} \pm 2.96$	$15.83^{d} \pm 3.19$	$14.17^{c} \pm 2.79$
	7	$8.83^{d} \pm 2.52$	$21.50^{b} \pm 3.23$	$18.42^{bc} \pm 2.87$	$14.9^{bc}2 \pm 2.68$

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a,b,... ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแป้งชุบทอด ที่อุณหภูมิและเวลาในการทอดต่างกัน

SOV	d.f.	MS			
		สี	ความกรอบ	การอมน้ำมัน	ความชุ่มน้ำของเนื้อไก่
อุณหภูมิ (A)	2	108.954	550.777	69.178	1.509
เวลา (B)	2	3.065	117.445	5.566	43.509
AB	4	59.981*	184.097*	43.619*	54.148*
error	88	6.415	9.915	6.604	4.556

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4. <u>การศึกษาชนิด ปริมาณการใช้เซลลูโลส และสภาวะในการทอดโดนัตเค้กเพื่อลดการอมน้ำมัน</u>

4.1 คัดเลือกชนิดของเซลลูโลสที่เหมาะสม

ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองเพื่อคัดเลือกชนิดของเซลลูโลสที่เหมาะสมในการลดการอมน้ำมันของโดนัตเค้กตามสูตรต้นแบบ ซึ่งประกอบด้วย แป้งเค้ก ผงฟู เนยสด น้ำตาล เกลือ นมสด และไข่ไก่ ดังภาคผนวก ง.2 โดยใช้เซลลูโลสทั้ง 3 ชนิด แปรปริมาณการใช้เซลลูโลสเป็นร้อยละ 1 และ 3 ของน้ำหนักแป้ง ใช้ในลักษณะแทนที่แป้งบางส่วน เตรียมส่วนผสมตามผังในรูป 3.3 ทอดที่อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที แล้ววิเคราะห์ปริมาณความชื้นและไขมันในผลิตภัณฑ์เทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ดังแสดงผลในตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยความชื้นและไขมันในโดนัตเค้ก เมื่อแปรชนิดและปริมาณของเซลลูโลสที่ใช้

ชนิดของเซลลูโลส	ปริมาณใช้แทนที่แป้ง (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)
ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	0	$12.69^{c} \pm 0.44$	$45.58^{b} \pm 0.59$
BC	1	$9.78^{d} \pm 0.62$	$46.76^{b} \pm 0.88$
Solka floc	1	$11.18^{cd} \pm 0.63$	$45.22^{b} \pm 1.78$
Methocel	1	$7.94^{a} \pm 0.02$	$51.68^{a} \pm 1.53$
BC	3	$11.56^{ab} \pm 0.01$	$34.64^{d} \pm 0.23$
Solka floc	3	$16.09^{a} \pm 0.15$	$35.87^{d} \pm 0.16$
Methocel	3	$14.28^{b} \pm 1.28$	$39.01^{c} \pm 1.80$

a,b,..ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้น และปริมาณไขมันในโดนัตเค้ก เมื่อแปรชนิดและปริมาณของเซลลูโลสที่ใช้

SOV	d.f.	MS	
		ปริมาณความชื้น	ปริมาณไขมัน
treatment	6	18.685*	78.998*
error	7	0.376	1.420

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2 ปริมาณเซลลูโลสที่เหมาะสมในโดนัตเค้กเพื่อใช้ในการลดการอมน้ำมัน

จากการศึกษาหาปริมาณเซลลูโลสเพื่อใช้ในการลดการอมน้ำมันของโดนัตเค้ก โดยเลือกใช้เซลลูโลสจากกากอ้อยเป็นสารช่วยลดการอมน้ำมัน เนื่องจากเป็นเซลลูโลสที่ผลิตได้เอง และสามารถลดการอมน้ำมันได้เท่ากับ Solka floc แปรปริมาณที่ใช้เป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2, 4 และ 6 ของน้ำหนักแป้ง ใช้ในลักษณะแทนที่แป้งบางส่วน และวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะ ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ และการประเมินผลทางประสาทสัมผัส ดังแสดงผลในตารางที่ 4.21-4.24

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยปริมาตรจำเพาะ ความชื้น และไขมันของโดนัตเค้กเมื่อใช้เซลลูโลสจากกากอ้อยในปริมาณต่างกัน

ปริมาณ (ร้อยละ)	ปริมาตรจำเพาะ^{ns} (มิลลิลิตร/กรัม)	ความชื้น (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)
0	1.86 $\pm$ 0.03	9.25^{c} $\pm$ 0.80	50.03^{a} $\pm$ 1.22
2	1.90 $\pm$ 0.03	11.28^{b} $\pm$ 0.76	47.26^{b} $\pm$ 0.54
4	1.40 $\pm$ 0.14	13.99^{a} $\pm$ 0.38	36.49^{c} $\pm$ 1.21
6	1.75 $\pm$ 0.21	14.63^{a} $\pm$ 0.33	35.84^{c} $\pm$ 0.05

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a,b,..ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 4.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาตรจำเพาะ ปริมาณความชื้น และปริมาณไขมันของโดนัตเค้ก เมื่อใช้เซลลูโลสจากกากอ้อยในปริมาณต่างกัน

SOV	d.f.	MS		
		ปริมาตรจำเพาะ^{ns}	ปริมาณความชื้น	ปริมาณไขมัน
treatment	3	1.348 x 10	12.398*	106.564*
error	4	4.531 x 10	0.368	0.812

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.23 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโดนัทเค้กเมื่อใช้ปริมาณเซลลูโลสจากกากอ้อยในปริมาณต่างๆกัน

ปริมาณ (ร้อยละ)	ลักษณะปรากฏ (20 คะแนน)	สีผิวนอก (10 คะแนน)	สีเนื้อโดนัท (10 คะแนน)	กลิ่น^{ns} (15 คะแนน)	ลักษณะเนื้อภายใน^{ns} (15 คะแนน)	ความชุ่มชื้น (15 คะแนน)	ความนุ่มเนื้อ^{ns} (15 คะแนน)
0	$10.17^{b} \pm 3.06$	$4.54^{c} \pm 1.27$	$8.17^{b} \pm 0.65$	13.00 ± 1.65	9.12 ± 1.84	$11.12^{ab} \pm 2.71$	12.08 ± 1.98
2	$15.04^{a} \pm 2.53$	$8.92^{a} \pm 1.31$	$8.79^{a} \pm 0.69$	13.38 ± 1.07	8.25 ± 1.82	$12.54^{ab} \pm 1.72$	12.33 ± 1.33
4	$11.83^{b} \pm 1.84$	$8.75^{a} \pm 0.96$	$8.54^{ab} \pm 0.62$	12.92 ± 1.62	9.21 ± 1.90	$10.79^{b} \pm 2.62$	11.50 ± 1.44
6	$11.00^{b} \pm 4.54$	$7.67^{b} \pm 0.98$	$8.58^{ab} \pm 0.51$	13.67 ± 1.53	9.33 ± 2.15	$12.88^{a} \pm 1.76$	12.17 ± 1.53

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

a,b,... ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโดนัทเค้ก เมื่อใช้ปริมาณเซลลูโลสจากกากอ้อยในปริมาณต่างกัน

SOV	d.f.	MS						
		ลักษณะปรากฏ	สีผิวนอก	สีเนื้อโดนัท	กลิ่น^ns	ลักษณะเนื้อภายใน^ns	ความชุ่มชื้น	ความนุ่มเนื้อ^ns
treatment	3	54.561*	49.380*	0.813*	0.491	2.924	12.694*	1.576
blocks	11	4.062	1.229	0.544	4.971	5.782	7.742	4.475
error	33	6.542	1.335	0.335	1.287	3.033	4.194	1.789

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทอดโดนัตเค้ก

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทอด โดยใช้เซลลูโลสจากกากอ้อยที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 แปรอุณหภูมิในการทอด 3 ระดับ คือ 175, 185 และ 195°C แปรเวลาในการทอดเป็น 1.5, 2 และ 2.5 นาที วิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะ ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ และประเมินผลทางประสาทสัมผัส ได้ผลในตารางที่ 4.25-4.29

ตารางที่ 4.25 ค่าเฉลี่ยปริมาตรจำเพาะ ความชื้น ไขมัน ของโดนัตเค้กเมื่อทอดที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	ปริมาตรจำเพาะ^{ns} (มิลลิลิตร/กรัม)	ความชื้น (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)
175	1.5	1.72 ± 0.25	12.74^{a} ± 0.01	37.16 ± 0.95
	2.0	1.54 ± 0.37	10.28^{d} ± 0.06	40.45 ± 0.74
	2.5	1.47 ± 0.24	9.32^{e} ± 0.02	40.22 ± 0.90
185	1.5	1.82 ± 0.12	11.20^{c} ± 0.09	37.92 ± 0.13
	2.0	1.66 ± 0.13	7.32^{g} ± 0.06	40.02 ± 0.13
	2.5	1.68 ± 0.12	6.92^{h} ± 0.11	42.35 ± 1.80
195	1.5	1.75 ± 0.13	11.41^{b} ± 0.01	38.92 ± 0.32
	2.0	1.70 ± 0.16	10.37^{h} ± 0.07	39.86 ± 0.90
	2.5	1.60 ± 0.06	8.41^{f} ± 0.06	42.32 ± 1.56

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

a,b,...ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาตรจำเพาะ ความชื้น และไขมันของโดนัตเค้ก เมื่อใช้เซลลูโลสจากกากอ้อย ร้อยละ 4 ที่อุณหภูมิและเวลาในการทอดต่างกัน

SOV	d.f.	MS		
		ปริมาตรจำเพาะ[ns]	ความชื้น	ไขมัน
อุณหภูมิ (A)	2	3.376×10^{-2}	3.036	1.930
เวลา (B)	2	5.207×10^{-2}	15.288	19.941*
AB	4	3.945×10^{-3}	6.006*	1.391
error	9	3.840×10^{-2}	3.988×10^{-3}	0.983

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ symmetric factorial experimental design ขนาด 3x3 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการทอด มีผลต่อค่าความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่มีผลกับ ปริมาตรจำเพาะและปริมาณไขมันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ตามตารางที่ 4.26 ดังนั้นในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย จึงแยกพิจารณาปริมาณไขมันเฉพาะอิทธิพลของเวลาในการทอด ผลดังในตารางที่ 4.27

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.27 ค่าเฉลี่ยของไขมันในโดนัตเค้ก เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของเวลาในการทอด

เวลา (นาที)	ไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)
1.5	$38.00^{c} \pm 0.88$
2.0	$40.11^{b} \pm 0.30$
2.5	$41.63^{a} \pm 1.22$

a,b,.. ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโดนัทเค้ก เมื่อทอดที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

SOV	d.f.	MS						
		ลักษณะปรากฏ	สีผิวนอก	สีเนื้อโดนัท	กลิ่น	ลักษณะเนื้อภายใน^ns	ความชุ่มชื้น	ความนุ่มเนื้อ
อุณหภูมิ (A)	2	4.704	295.028	73.787	11.565	4.148	168.083	223.583
เวลา (B)	2	11.398	8.778	10.565	10.843	4.926	8.083	12.250
AB	4	23.620*	18.222*	5.481*	15.342*	5.190	29.083*	40.750*
error	88	4.954	1.906	2.067	6.774	7.206	5.013	4.144

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.29 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโดนัทเค้กเมื่อทอดที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	ลักษณะปรากฏ (20 คะแนน)	สีผิวนอก (10 คะแนน)	สีเนื้อโดนัท (10 คะแนน)	กลิ่น (15 คะแนน)	ลักษณะเนื้อภายใน^{ns} (15 คะแนน)	ความชุ่มชื้น (15 คะแนน)	ความนุ่มเนื้อ (15คะแนน)
175	1.5	$11.17^{b}\pm3.35$	$6.92^{bc}\pm1.62$	$8.67^{a}\pm0.98$	$10.67^{ab}\pm1.78$	7.33 ± 2.90	$8.92^{abc}\pm1.93$	$9.00^{a}\pm2.00$
	2.0	$11.17^{b}\pm2.87$	$7.92^{b}\pm1.38$	$8.00^{ab}\pm1.04$	$12.33^{a}\pm1.67$	7.67 ± 3.20	$7.33^{cd}\pm1.97$	$7.08^{b}\pm1.62$
	2.5	$12.17^{b}\pm2.62$	$9.25^{a}\pm0.45$	$7.58^{ab}\pm1.56$	$10.50^{ab}\pm2.64$	7.58 ± 2.74	$9.25^{ab}\pm3.67$	$9.83^{a}\pm2.72$
185	1.5	$14.67^{a}\pm2.71$	$6.58^{c}\pm2.64$	$7.83^{ab}\pm1.34$	$12.08^{a}\pm1.98$	7.67 ± 2.71	$9.83^{a}\pm1.58$	$8.83^{a}\pm1.64$
	2.0	$10.92^{b}\pm3.65$	$4.08^{d}\pm1.16$	$5.50^{c}\pm1.51$	$9.33^{b}\pm2.99$	5.75 ± 1.66	$6.50^{d}\pm2.20$	$5.00^{c}\pm2.00$
	2.5	$11.08^{b}\pm3.23$	$5.33^{c}\pm1.78$	$6.92^{b}\pm1.68$	$9.83^{b}\pm3.61$	7.17 ± 2.72	$7.42^{bcd}\pm2.19$	$6.67^{bc}\pm2.74$
195	1.5	$11.67^{b}\pm2.31$	$3.33^{d}\pm1.30$	$5.42^{c}\pm1.24$	$10.67^{ab}\pm3.11$	6.75 ± 1.76	$3.75^{e}\pm1.60$	$2.50^{d}\pm1.38$
	2.0	$12.67^{b}\pm1.85$	$2.00^{e}\pm1.04$	$5.42^{c}\pm1.68$	$9.67^{b}\pm2.50$	6.83 ± 2.86	$5.92^{d}\pm2.61$	$5.17^{c}\pm2.17$
	2.5	$11.83^{b}\pm3.01$	$1.58^{e}\pm1.24$	$4.83^{c}\pm1.70$	$9.83^{b}\pm2.48$	6.83 ± 3.01	$3.83^{e}\pm1.58$	$3.33^{d}\pm1.56$

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a,b,... ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. การศึกษาชนิดและปริมาณการใช้เซลลูโลสที่เหมาะสมในโดนัตยีสต์

5.1 คัดเลือกชนิดของเซลลูโลสที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้ได้ทดลองเพื่อคัดเลือกชนิดของเซลลูโลสที่เหมาะสมในการลดการอมน้ำมันของโดนัตยีสต์ตามสูตรต้นแบบ ซึ่งประกอบด้วย แป้งขนมปัง แป้งเค้ก ยีสต์ น้ำตาล ไขมัน นมผงขาดมันเนย ไข่ไก่ ผงฟู เกลือ และน้ำ ตามภาคผนวก ง.3 โดยใช้เซลลูโลส 3 ชนิด คือ เซลลูโลสจากกากอ้อย Solka floc และ Methocel ในปริมาณร้อยละ 7 ของน้ำหนักแป้ง ใช้ในลักษณะแทนที่แป้งบางส่วน เตรียมส่วนผสมตามผังในรูปที่ 3.4 ทอดที่อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที แล้ววิเคราะห์ปริมาณความชื้น และปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ได้ผลในตารางที่ 4.30-4.31

ตารางที่ 4.30 ค่าเฉลี่ยความชื้นและไขมันในโดนัตยีสต์ เมื่อใช้เซลลูโลสต่างชนิดกันในปริมาณร้อยละ 7

ชนิดของเซลลูโลส	ความชื้น ns (ร้อยละ)	ไขมัน ns (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)
ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	25.98 $\pm$ 1.10	25.64 $\pm$ 0.37
BC	28.37 $\pm$ 0.52	26.00 $\pm$ 0.82
Solka floc	28.33 $\pm$ 1.57	24.23 $\pm$ 0.22
Methocel	27.37 $\pm$ 1.04	25.50 $\pm$ 0.08

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณความชื้นและไขมันในโดนัทยีสต์ เมื่อใช้เซลลูโลสต่างชนิดกันในปริมาณร้อยละ 7

SOV	d.f.	MS	
		ปริมาณความชื้น^{ns}	ปริมาณไขมัน^{ns}
treatment	3	2.516	12.064
error	4	1.259	2.463

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

5.2 ศึกษาปริมาณเซลลูโลสที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มใยอาหารในโดนัทยีสต์ -

จากการศึกษาหาปริมาณเซลลูโลสเพื่อใช้ในการเพิ่มใยอาหารของโดนัทยีสต์ โดยใช้เซลลูโลส 3 ชนิด คือ เซลลูโลสจากกากอ้อย Solka floc และ Methocel แปรปริมาณการใช้เป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 3 และ 5 โดยน้ำหนักแป้ง การทดลองที่ระดับร้อยละ 7 โดยน้ำหนักแป้ง ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาตรเล็กและในขั้นตอนการปั้นให้เป็นรูปร่างทำได้ยาก วิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะ ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ และการประเมินผลทางประสาทสัมผัส ดังแสดงผลในตารางที่ 4.32-4.35

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.32 ค่าเฉลี่ยปริมาตรจำเพาะ ความชื้น และไขมัน ของโดนัทยีสต์เมื่อแปรชนิดและปริมาณของเซลลูโลส

ชนิดเซลลูโลส	ปริมาณ (ร้อยละ)	ปริมาตรจำเพาะ (มิลลิลิตร/กรัม)	ความชื้น[ns] (ร้อยละ)	ไขมัน[ns] (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)
ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	0	$2.65^{a} \pm 0.01$	27.63 ± 0.41	25.24 ± 0.68
BC	3	$2.83^{a} \pm 0.05$	27.44 ± 1.06	24.47 ± 0.51
Solka floc	3	$2.96^{a} \pm 0.17$	27.52 ± 1.58	25.16 ± 1.75
Methocel	3	$2.61^{ab} \pm 0.35$	28.05 ± 0.43	24.04 ± 1.22
BC	5	$2.32^{ab} \pm 0.04$	27.88 ± 0.34	24.27 ± 0.30
Solka floc	5	$2.19^{b} \pm 0.06$	28.29 ± 0.22	23.22 ± 1.07
Methocel	5	$2.62^{ab} \pm 0.24$	27.78 ± 0.18	25.24 ± 0.68

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

a,b,...ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.33 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโดนัทยีสต์ เมื่อใช้ชนิดและปริมาณของเซลลูโลสต่างกัน

ชนิดเซลลูโลส	ปริมาณ (ร้อยละ)	ลักษณะปรากฏ^{ns} (10 คะแนน)	สีผิวนอก (10 คะแนน)	สีเนื้อโดนัท^{ns} (10 คะแนน)	ลักษณะเนื้อภายใน (15 คะแนน)	ความชุ่มชื้น (10 คะแนน)	ความนุ่มเนื้อ (10 คะแนน)
STD	0	7.29$\pm$0.54	3.71^{ab} $\pm$0.63	3.71$\pm$0.45	6.05^{b} $\pm$1.05	6.68^{ab} $\pm$0.90	7.22^{ab} $\pm$0.60
BC	3	7.50$\pm$0.52	3.58^{ab} $\pm$0.63	4.04$\pm$0.50	6.38^{b} $\pm$1.58	6.08^{b} $\pm$1.38	5.88^{c} $\pm$1.28
	5	7.08$\pm$0.92	3.88^{a} $\pm$0.53	3.75$\pm$0.40	6.83^{ab} $\pm$1.25	5.96^{b} $\pm$2.03	5.71^{c} $\pm$2.08
SOL	3	7.13$\pm$0.77	3.75^{a} $\pm$0.72	3.79$\pm$0.40	5.92^{b} $\pm$1.10	6.58^{ab} $\pm$1.83	7.25^{ab} $\pm$1.62
	5	7.13$\pm$0.74	3.71^{ab} $\pm$0.40	3.92$\pm$0.47	7.46^{a} $\pm$1.16	6.12^{b} $\pm$1.77	6.21^{bc} $\pm$1.84
MET	3	7.38$\pm$0.77	3.23^{b} $\pm$0.72	3.92$\pm$0.47	6.42^{b} $\pm$0.82	5.98^{b} $\pm$1.14	6.65^{abc} $\pm$1.26
	5	7.24$\pm$0.47	3.58^{ab} $\pm$0.48	3.90$\pm$0.49	6.29^{b} $\pm$0.92	7.58^{a} $\pm$1.10	7.62^{a} $\pm$0.88

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a,b,... ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

STD : ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ　　BC : Bagasses Cellulose

SOL : Solka floc　　MET : Methocel

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาตรจำเพาะ ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันของโดนัตยีสต์ เมื่อแปรชนิดและปริมาณของเซลลูโลส

SOV	d.f.	MS		
		ปริมาตรจำเพาะ	ปริมาณความชื้น ns	ปริมาณไขมัน ns
treatment	6	0.145	0.180	1.144
error	7	3.066×10^{-2}*	0.598	0.997

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 4.35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโดนัตยีสต์ เมื่อใช้ชนิดและปริมาณของเซลลูโลสต่างกัน

SOV	d.f.	MS					
		ลักษณะปรากฏ ns	สีผิวนอก	สีเนื้อ ns	ลักษณะเนื้อภายใน	ความชุ่มชื้น	ความนุ่มเนื้อ
treatment	6	0.278	0.512*	0.161	3.271*	4.103*	6.645*
blocks	11	0.806	0.594	0.673	2.990	6.982	4.335
error	66	0.431	0.318	0.130	1.042	1.478	1.728

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

6. <u>การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารทอด</u>

6.1 วิเคราะห์คุณภาพของไก่ชุบแป้งทอด

นำไก่ชุบแป้งทอด ซึ่งผลิตตามสูตรต้นแบบ ซึ่งประกอบด้วย แป้งสาลีเอนกประสงค์ แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า ผงฟู เกลือ น้ำตาล และผงชูรส เปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้ Methocel และเซลลูโลสจากกากอ้อย ในปริมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด และใช้แทนที่แป้งสาลีบางส่วน อัตราส่วนแป้งผสม:น้ำ เป็น 1:1.5 ทอดที่อุณหภูมิ 195 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และวิเคราะห์ bulk density ของแป้งชุบทอด ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์(เฉพาะส่วนของแป้งชุบทอด) ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์(เฉพาะส่วนของแป้งชุบทอด) ปริมาณพลังงาน(เฉพาะส่วนของแป้งชุบทอด) และประเมินผลทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 4.36-4.38

ตารางที่ 4.36 ค่าเฉลี่ย bulk density ปริมาณความชื้น ปริมาณไขมันและพลังงานของแป้งชุบทอด เมื่อใช้ Methocel และเซลลูโลสจากกากอ้อย ในปริมาณร้อยละ 2 อัตราส่วนแป้งผสม:น้ำ 1:1.5

ชนิดเซลลูโลส	bulk density (กรัม/100 ml)	ความชื้น (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)[1]	พลังงาน (kcal/g)
ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	2.62 ± 0.37	11.70 ± 0.35	50.72 ± 1.29	8.96 ± 0.11
BC	3.68 ± 0.32	11.69 ± 0.75	48.34 ± 1.01	8.67 ± 0.24
Methocel	3.46 ± 0.47	12.58 ± 0.70	43.84 ± 1.62	7.58 ± 0.07

1 : ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 4.37 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไก่ชุบแป้งทอด เมื่อใช้ Methocel และเซลลูโลสจากกากอ้อย ในปริมาณร้อยละ 2 อัตราส่วนแป้งผสมะน้ำ 1:1.5

ชนิดเซลลูโลส	สี (20 คะแนน)	ความกรอบ^{ns} (30 คะแนน)	การอมน้ำมัน^{ns} (30 คะแนน)	ความชุ่มน้ำของเนื้อไก่ (20 คะแนน)
ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	$10.67^{c} \pm 2.57$	20.75 ± 7.01	16.50 ± 3.55	$13.75^{b} \pm 4.63$
BC	$14.17^{b} \pm 2.55$	22.67 ± 6.02	20.83 ± 5.41	$16.50^{a} \pm 2.58$
Methocel	$16.42^{a} \pm 2.27$	23.75 ± 6.55	17.50 ± 6.16	$15.50^{ab} \pm 3.29$

a,b,.. ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไก่ชุบแป้งทอด เมื่อใช้ Methocel และเซลลูโลสจากกากอ้อยในปริมาณร้อยละ 2 อัตราส่วนแป้งผสม:น้ำ 1:1.5

SOV	d.f.	MS			
		สี	ความกรอบ^{ns}	การอมน้ำมัน^{ns}	ความชุ่มน้ำของเนื้อไก่
treatment	2	100.750*	27.694	72.333	23.250*
blocks	11	4.735	57.081	38.606	20.674
error	22	6.780	35.604	27.030	9.129

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

6.2 วิเคราะห์คุณภาพของโดนัตเค้ก

นำโดนัตเค้กซึ่งผลิตตามสูตรต้นแบบของโดนัตเค้ก เปรียบเทียบกับโดนัตเค้กเมื่อใช้เซลลูโลสจากกากอ้อย ปริมาณร้อยละ 4 ของน้ำหนักแป้ง แทนที่แป้งสาลีบางส่วนในสูตรต้นแบบ ทอดที่อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 นาที วิเคราะห์ ปริมาตรจำเพาะ ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ ปริมาณพลังงาน และการประเมินผลทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 4.39-4.41

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.39 ค่าเฉลี่ยปริมาตรจำเพาะ ความชื้น ไขมัน และพลังงาน ของโดนัตเค้ก เมื่อใช้เซลลูโลสจากกากอ้อยร้อยละ 4 โดยน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ชนิดของเซลลูโลส	ปริมาตรจำเพาะ (มิลลิลิตร/กรัม)	ความชื้น (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)	พลังงาน (kcal/g)
ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	1.83 ± 0.05	11.12 ± 0.31	50.90 ± 2.65	8.14 ± 0.04
BC	1.49 ± 0.23	13.48 ± 0.57	40.72 ± 2.02	6.28 ± 0.07

ตารางที่ 4.40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโดนัตเค้ก เมื่อใช้เซลลูโลสจากกากอ้อยร้อยละ 4 โดยน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

SOV	d.f.	MS						
		ลักษณะปรากฏ[ns]	สีของผิวนอก[ns]	สีเนื้อโดนัท[ns]	กลิ่น[ns]	ลักษณะเนื้อภายใน[ns]	ความชุ่มชื้น	ความนุ่มเนื้อ
treatment		5.042	0.010	0.100	0.043	9.375	15.042	26.042
blocks	11	29.314	0.591	0.909	29.314	14.860	10.830	21.951
error	11	14.769	0.364	0.545	1.496	4.830	3.042*	4.223*

ns แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.41 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโดนัทเค้ก เมื่อใช้เซลลูโลสจากกากอ้อยร้อยละ 4 โดยน้ำหนักแป้ง

ชนิดโดนัท	ลักษณะปรากฏ[ns] (20 คะแนน)	สีผิวนอก[ns] (10 คะแนน)	สีเนื้อโดนัท[ns] (10 คะแนน)	กลิ่น[ns] (15 คะแนน)	ลักษณะเนื้อภายใน[ns] (15 คะแนน)	ความชุ่มชื้น (15คะแนน)	ความนุ่มเนื้อ (15 คะแนน)
ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	12.75±5.43	8.75±0.75	8.50±0.90	12.75±1.29	8.83±3.04	7.58[b]±2.81	7.75[b]±3.31
BC	13.67±3.82	8.75±0.62	8.50±0.80	12.83±1.27	7.58±3.23	9.17[a]±2.44	9.83[a]±3.90

a,b,.. ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

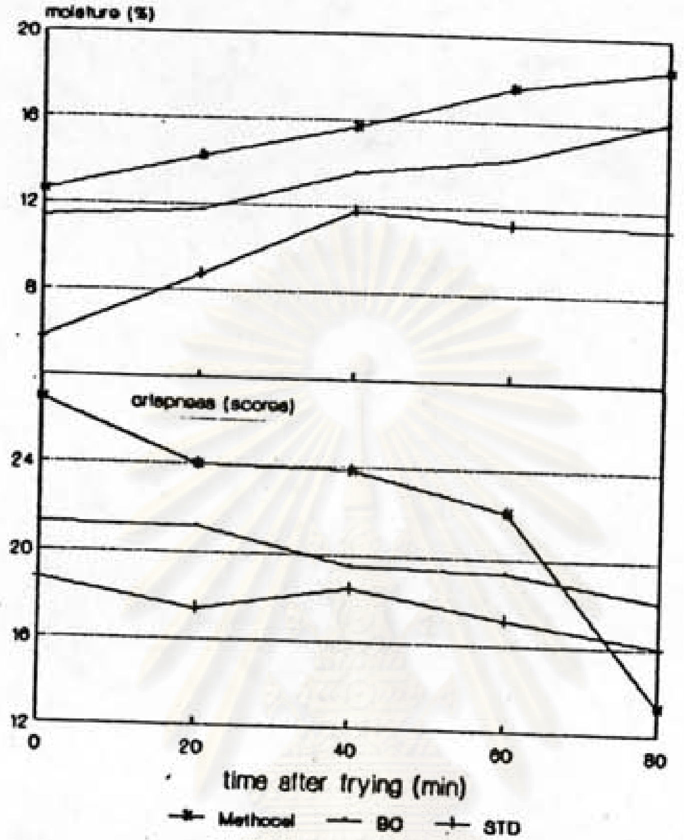
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. **ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์อาหารหลังการทอด**

7.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไก่ชุบแป้งทอดหลังการทอด

ผลการเปลี่ยนแปลงของไก่ชุบแป้งทอด เมื่อใช้ Methocel ร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด ใช้แทนที่แป้งสาลีเอนกประสงค์บางส่วนในสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบ อัตราส่วนของแป้งผสม:น้ำเป็น 1:1.5 ทอดที่อุณหภูมิ 195 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และบรรจุในกล่องกระดาษ รองด้วยกระดาษไข เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง สุ่มตัวอย่างตรวจทุก 20 นาที เป็นเวลา 80 นาที เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบและเมื่อใช้เซลลูโลสจากกากอ้อยแทน Methocel วิเคราะห์ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ และประเมินผลทางประสาทสัมผัส โดยพิจารณาเฉพาะความกรอบ ดังแสดงในรูปที่ 4.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



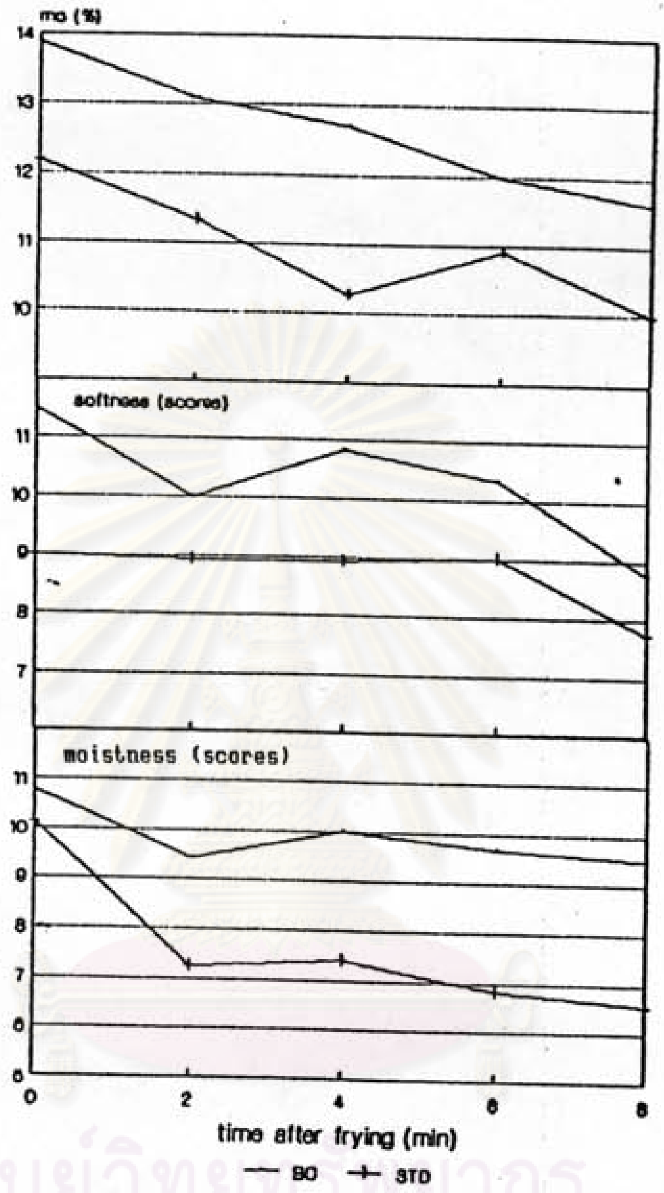
รูปที่ 4.4 ปริมาณความชื้น (เฉพาะส่วนของแป้งชุบทอด) และคะแนนความกรอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส(30 คะแนน) 0ของไก่ชุบแป้งทอดที่ใช้ Methocel ร้อยละ 2 แทนที่แป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์ต้นแบบ อัตราส่วนแป้งผสม:น้ำ 1:1.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโดนัตเค้กหลังทอด

ผลการเปลี่ยนแปลงของโดนัตเค้กหลังทอด เมื่อใช้เซลลูโลสจากกากอ้อยในปริมาณร้อย 4 โดยน้ำหนักแป้ง แทนที่แป้งสาลีบางส่วนในสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ทอดที่อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียส นาน 1.5 นาที บรรจุในกล่องกระดาษ รองด้วยกระดาษไข เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง สุ่มตัวอย่างตรวจทุก 2 ชั่วโมง เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบซึ่งไม่มีการใช้เซลลูโลส วิเคราะห์ ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์และประเมินผลทางประสาทสัมผัส โดยพิจารณาเฉพาะความชุ่มชื้น และความนุ่มเนื้อโดนัต ได้ผลดังรูปที่ 4.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.5 ปริมาณความชื้น และคะแนนความนุ่มเนื้อ ควาชุ่มชื้นจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส(15 คะแนน) ของโดนัทเค้ก เมื่อเติมเซลลูโลสจากกากอ้อยในปริมาณร้อยละ 4