

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลของกระบวนการเตรียมชั้นดินโดยการลวกด้วยน้ำร้อนและไอน้ำที่มีต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และสมบัติทางเคมี-กายภาพ ของแป้งมันเทศสีม่วง

1.1 ผลของเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนที่มีต่อคุณสมบัติของแป้งมันเทศสีม่วง

นำชิ้นมันเทศสีม่วงที่เตรียมชั้นดิน โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที และนำมาวิเคราะห์กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดส แล้วเตรียมเป็นแป้งมันเทศสีม่วงจากนั้นนำไปวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและสมบัติทางกายภาพ เตรียมโดและหมั่นโถวโดยใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง วิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของโดและหมั่นโถว และประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ผลการวิเคราะห์กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดส และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

นำชิ้นมันเทศสีม่วงที่เตรียมชั้นดิน โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที มาวิเคราะห์กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดส และเตรียมเป็นแป้งมันเทศสีม่วงแล้วนำมาวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ แสดงผลดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดสของชิ้นมันเทศสีม่วง และปริมาณฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมชั้นดิน โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที

เวลาในการลวก (นาที)	กิจกรรมของ PPO ส่วนที่เหลือ (%)	ฟีนอลิก (มิลลิกรัม GAE ต่อกรัม)	แอนโทไซยานิน (มิลลิกรัม ต่อกรัม)	การกำจัดอนุมูล DPPH (EC_{50} , มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
0	97.72±2.03 ^a	2.78±0.10 ^c	0.47±0.02 ^c	7.08±0.02 ^a
2	8.14±2.11 ^b	5.27±0.02 ^a	1.44±0.01 ^a	2.07±0.03 ^c
4	5.41±1.11 ^{bc}	4.91±0.09 ^b	1.29±0.02 ^b	3.27±0.04 ^d
6	4.05±1.96 ^c	4.48±0.11 ^c	1.25±0.01 ^c	3.35±0.02 ^c
8	2.72±1.19 ^c	3.75±0.10 ^d	1.15±0.02 ^d	3.69±0.02 ^b

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดังแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-1 แสดงผลการวิเคราะห์กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดสของชั้นมันเทศสีม่วง และปริมาณฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที พบว่า มันเทศที่ไม่ผ่านการลวกด้วยน้ำร้อน (0 นาที) มีค่ากิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดสส่วนที่เหลืสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 97.72 เมื่อเพิ่มเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนเป็นเวลา 2 – 8 นาที มีผลให้กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดสส่วนที่เหลืลดลงตามลำดับ ในขณะที่การเตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนนั้นส่งผลให้แป้งมันเทศสีม่วงมีปริมาณฟีนอลิกและแอนโทไซยานินสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก แต่พบว่าการเพิ่มเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนส่งผลให้มีปริมาณฟีนอลิกและแอนโทไซยานินลดลง ส่วนกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนเป็นเวลา 2 – 8 นาที มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH สูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก โดยมีค่า EC_{50} อยู่ในช่วง 2.07 – 3.69 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่แป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวกมีค่า EC_{50} เท่ากับ 7.08 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และทั้งนี้พบว่า การเพิ่มเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนส่งผลให้แป้งมันเทศสีม่วงมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง

ค่าสี (L^* , a^* และ b^*)

นำแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที มาวัดค่าสีและคำนวณค่า Hue angle (h°) และค่า Chroma (C^*) แสดงผลดังภาพที่ 4-1 และตารางที่ 4-2



ภาพที่ 4-1 สีของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที

ตารางที่ 4-2 ค่าสีของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที

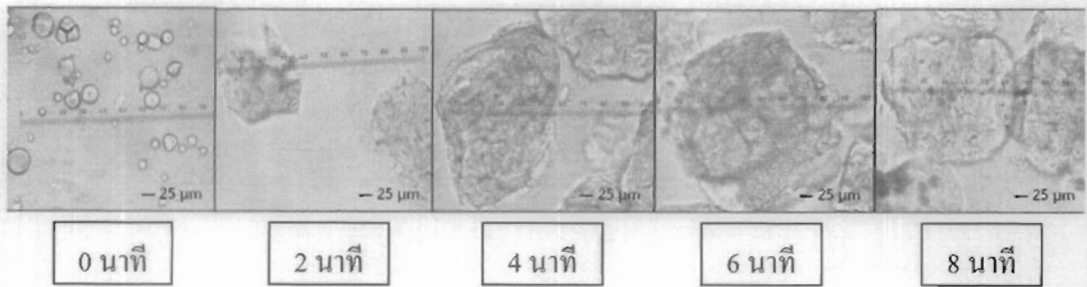
เวลาในการลวก (นาที)	L*	a*	b*	h°	C*
0	67.18±0.57 ^a	9.95±0.16 ^d	6.79±0.48 ^a	32.34±0.62 ^d	11.79±0.20 ^d
2	60.15±0.40 ^c	20.48±0.18 ^a	-6.67±0.19 ^b	341.96±0.48 ^a	21.54±0.19 ^a
4	60.74±0.84 ^{bc}	19.28±0.13 ^b	-7.85±0.10 ^c	337.84±0.40 ^b	20.82±0.08 ^b
6	61.22±0.64 ^{bc}	18.92±0.53 ^b	-8.62±0.10 ^d	335.50±0.54 ^c	20.79±0.50 ^b
8	61.72±0.63 ^b	17.92±0.90 ^c	-8.20±0.07 ^{cd}	334.83±0.47 ^c	19.40±0.30 ^c

หมายเหตุ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากภาพที่ 4-1 และตารางที่ 4-2 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสีของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกน้ำร้อนเป็นเวลา 2 – 8 นาที มีสีม่วง ซึ่งมีค่า L* อยู่ในช่วง 60.15 – 61.72 ค่า a* 17.92 – 20.48 ค่า b* (-6.67) – (-8.62) ค่า h° อยู่ในช่วง 334.83 – 341.96 องศา และค่า C* อยู่ในช่วง 19.40 – 21.54 โดยพบว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนเป็นเวลา 2 – 8 นาที มีค่า L* และค่า b* น้อยกว่า ส่วนค่า a* ค่า h° และค่า C* มากกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก (0 นาที) ซึ่งมีสีน้ำตาลแดง และทั้งนี้พบว่า การเพิ่มเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนมีผลให้แป้งมันเทศสีม่วงมีค่า L* เพิ่มขึ้น ค่า a* ค่า b* ค่า h° และค่า C* ลดลง

ลักษณะและรูปร่างของเมื่อดสตาร์ชแป้งมันเทศสีม่วง

นำแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที โดยนำมาส่องดูลักษณะเมื่อดสตาร์ชแป้งมันเทศสีม่วง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงส่องผ่านที่ กำลังขยาย 40 เท่า แสดงผลดังภาพที่ 4-2

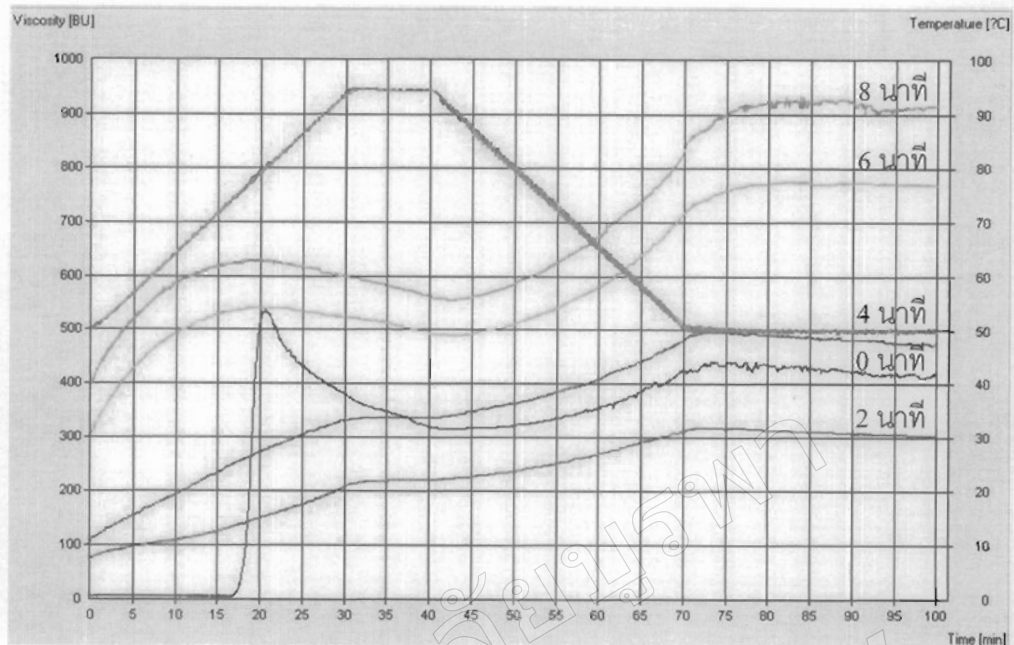


ภาพที่ 4-2 ลักษณะรูปร่างของเมื่อดสตาร์ซของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อน ที่เวลา 0–8 นาที

จากภาพที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อดสตาร์ซของแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวกด้วยน้ำร้อน (0 นาที) มีลักษณะเป็นรูปไข่ รูปวงกลม และรูปหลายเหลี่ยม ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10–25 ไมโครเมตร ทั้งนี้พบว่าการเพิ่มเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนส่งผลให้เมื่อดสตาร์ซของแป้งมันเทศสีม่วงมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยที่เวลา 2 นาที ลักษณะเมื่อดสตาร์ซของแป้งมันเทศสีม่วงมีขนาดใหญ่ขึ้นจนมีขนาดประมาณ 50–75 ไมโครเมตร ส่วนแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนเป็นเวลานานตั้งแต่ 4 6 และ 8 นาที ส่งผลให้เมื่อดสตาร์ซมีขนาดใหญ่มากขึ้น และแตกออกจนมีขนาดมากกว่า 100 ไมโครเมตร

การเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารละลายน้ำแป้งมันเทศสีม่วง

นำแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารละลายน้ำแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ด้วยเครื่องบราเวนเดอร์วิสโคอะมิโลกราฟ แสดงผลดังภาพที่ 4-3 และตารางที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อน ที่เวลา 0–8 นาที

ตารางที่ 4-3 ค่าความหนืดของสารละลายแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อน ที่เวลา 0–8 นาที

เวลาในการลวก (นาที)	ความหนืด เริ่มต้น (BU)	ความหนืด สูงสุด (BU)	ความหนืด ลดลง (BU)	ความหนืด การคืนตัว (BU)	ความหนืด สุดท้าย (BU)
0	17.67±0.57 ^e	536.67±1.53 ^c	215.67±0.58 ^a	102.00±1.73 ^d	416.67±1.53 ^d
2	86.33±1.53 ^d	219.67±1.53 ^c	1.33±1.00 ^d	91.67±1.53 ^c	302.33±2.52 ^c
4	117.00±2.00 ^c	335.33±2.52 ^d	1.67±1.00 ^d	145.33±1.53 ^c	472.00±2.65 ^c
6	314.33±2.08 ^b	541.33±1.53 ^b	48.67±1.15 ^c	223.67±1.15 ^b	766.33±1.53 ^b
8	412.67±2.51 ^a	624.33±4.04 ^a	62.67±3.05 ^b	271.00±1.73 ^a	917.00±2.65 ^a

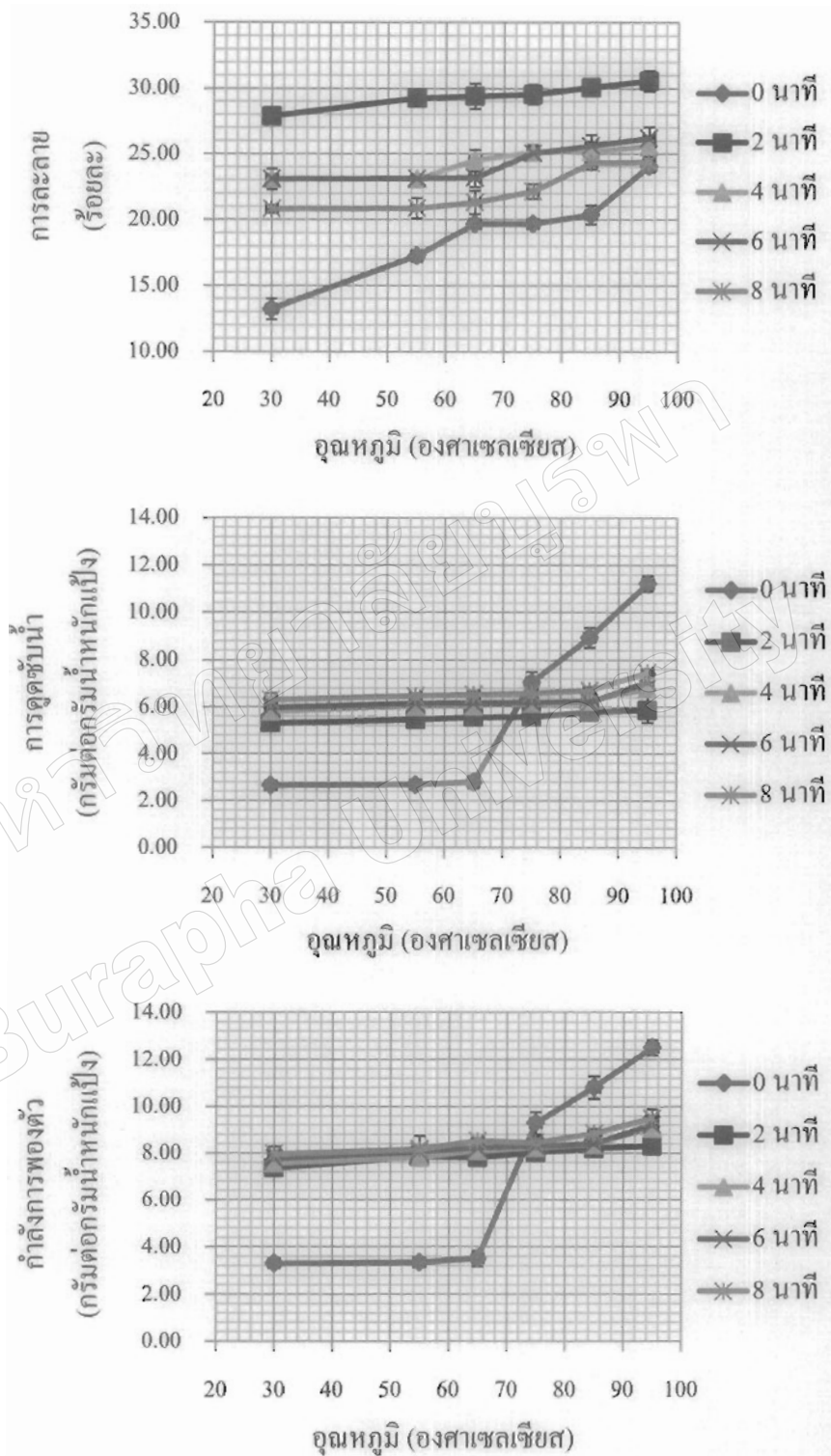
หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากภาพที่ 4-3 และตารางที่ 4-3 แสดงผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0–8 นาที พบว่า แป้งมันเทศสีม่วง

ที่ลวกด้วยน้ำร้อนเป็นเวลา 2 – 8 นาที มีค่าความหนืดเริ่มต้น อยู่ในช่วง 86.33 – 412.67 BU ซึ่งมีค่าสูงกว่าแป้งมันเทศที่ไม่ผ่านการลวก (0 นาที) (17.67 BU) เมื่อพิจารณาค่าความหนืดสูงสุด พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 2 และ 4 นาที มีค่าความหนืดสูงสุดเท่ากับ 219.67 และ 335.33 BU มีค่าต่ำกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก (536.67 BU) แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการลวกเป็นเวลา 6 และ 8 นาที ส่งผลให้แป้งมันเทศสีม่วงมีค่าความหนืดสูงสุดเพิ่มขึ้นเท่ากับ 541.33 และ 624.33 BU ซึ่งมีค่าสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก ส่วนค่าความหนืดลดลง (Breakdown) พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนเป็นเวลา 2 – 8 นาที มีค่าความหนืดลดลงอยู่ในช่วง 1.33 – 62.67 BU ซึ่งต่ำกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก (215.67 BU) ส่วนความหนืดการคืนตัว (Setback) พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 4 6 และ 8 นาที มีความหนืดการคืนตัวเท่ากับ 145.33 223.67 และ 271.00 BU ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก (102.00 BU) โดยแป้งมันเทศที่ลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 2 นาที มีความหนืดการคืนตัวต่ำสุด และสำหรับค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 4 6 และ 8 นาที ซึ่งมีค่าความหนืดสุดท้ายเท่ากับ 472.00 766.33 และ 917.00 BU ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก (416.67 BU) โดยแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 2 นาที มีค่าความหนืดสุดท้ายต่ำสุด และทั้งนี้พบว่า การเพิ่มเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนส่งผลให้แป้งมันเทศสีม่วงมีความหนืดเริ่มต้น ความหนืดสูงสุด ความหนืดลดลง ความหนืดการคืนตัว และความหนืดสุดท้ายเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การละลาย การดูดซับน้ำ และกำลังการพองตัว ของแป้งมันเทศสีม่วง

นำแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที วิเคราะห์การละลาย การดูดซับน้ำ และกำลังการพองตัว ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และที่สภาวะอุณหภูมิ 55 65 75 และ 95 องศาเซลเซียส แสดงผลดังภาพที่ 4-4 และตารางที่ 4-4 4-5 และ 4-6



ภาพที่ 4-4 การละลาย การดูดซับน้ำ และกำลังการพองตัวของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที

ตารางที่ 4-4 ค่าการละลายของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0-8 นาที

เวลาในการลวก (นาที)	ค่าการละลาย (ร้อยละ)					
	30 °C	55 °C	65 °C	75 °C	85 °C	95 °C
0	13.22±0.78 ^d	17.25±0.43 ^d	19.66±0.18 ^c	19.67±0.31 ^d	20.37±0.10 ^d	24.07±0.72 ^d
2	27.87±0.46 ^a	29.24±0.47 ^a	29.38±0.97 ^a	29.53±0.73 ^a	30.08±0.36 ^a	30.58±0.79 ^a
4	23.08±0.77 ^b	23.11±0.20 ^b	23.17±0.68 ^c	25.03±0.52 ^b	26.20±0.86 ^b	26.20±0.86 ^b
6	23.07±0.15 ^b	23.09±0.18 ^b	24.48±0.81 ^b	25.12±0.58 ^b	25.14±0.75 ^{bc}	25.60±0.76 ^{bc}
8	20.80±0.29 ^c	20.85±0.79 ^c	21.31±0.89 ^d	22.15±0.56 ^c	24.30±0.46 ^c	24.37±0.66 ^{cd}

หมายเหตุ^{a,b,c...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรต่างกันที่อุณหภูมิเดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-5 ค่าการดูดซับน้ำของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0-8 นาที

เวลาในการลวก (นาที)	ค่าการดูดซับน้ำ (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแป้ง)					
	30 °C	55 °C	65 °C	75 °C	85 °C	95 °C
0	2.69±0.12 ^d	2.69±0.03 ^c	2.79±0.25 ^d	7.05±0.44 ^a	8.94±0.42 ^a	11.22±0.31 ^a
2	5.32±0.18 ^c	5.47±0.13 ^b	5.56±0.08 ^c	5.58±0.21 ^c	5.79±0.15 ^d	5.87±0.55 ^c
4	5.79±0.16 ^b	6.01±0.14 ^a	6.03±0.15 ^b	6.16±0.31 ^b	6.26±0.16 ^{bc}	6.78±0.58 ^b
6	5.97±0.28 ^{ab}	6.16±0.20 ^b	6.17±0.24 ^b	6.20±0.17 ^b	6.20±0.17 ^{cd}	7.07±0.49 ^b
8	6.29±0.31 ^a	6.46±0.06 ^a	6.51±0.14 ^a	6.56±0.17 ^{ab}	6.68±0.16 ^b	7.46±0.16 ^b

หมายเหตุ^{a,b,c...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรต่างกันที่อุณหภูมิเดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-6 กำลังการพองตัวของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที

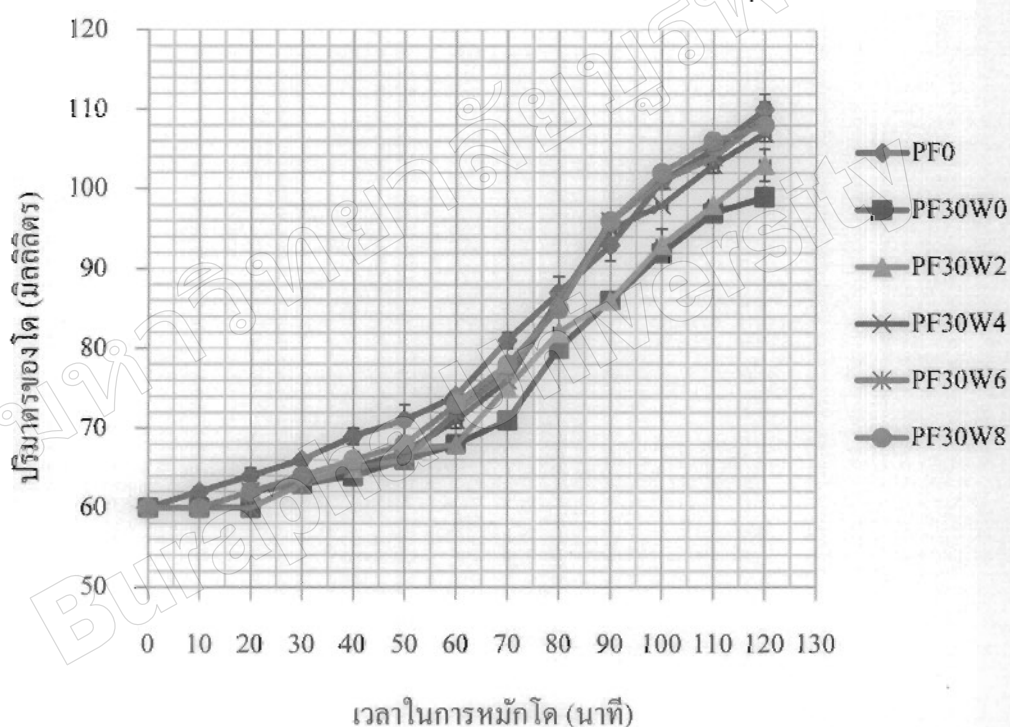
เวลาในการลวก (นาที)	กำลังการพองตัว (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแป้ง)					
	30 °C	55 °C	65 °C	75 °C	85 °C	95 °C
0	3.30±0.15 ^c	3.35±0.03 ^c	3.50±0.32 ^c	9.28±0.48 ^a	10.80±0.48 ^a	12.50±0.32 ^a
2	7.36±0.20 ^b	7.86±0.07 ^b	7.82±0.20 ^b	8.04±0.22 ^b	8.22±0.18 ^c	8.52±0.30 ^b
4	7.75±0.22 ^{ab}	7.81±0.17 ^b	8.10±0.11 ^a	8.15±0.36 ^b	8.36±0.20 ^{bc}	9.05±0.81 ^b
6	7.76±0.30 ^{ab}	8.07±0.09 ^a	8.21±0.22 ^{ab}	8.29±0.21 ^b	8.40±0.28 ^{bc}	9.20±0.69 ^b
8	7.95±0.32 ^a	8.16±0.56 ^a	8.50±0.12 ^a	8.50±0.28 ^b	8.83±0.21 ^a	9.48±0.11 ^b

หมายเหตุ ^{a,b,c...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรต่างกันที่อุณหภูมิเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากภาพที่ 4-4 และตารางที่ 4-4 4-5 และ 4-6 แสดงผลการวิเคราะห์การละลาย การดูดซับน้ำ และกำลังการพองตัวของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที จากผลวิจัยพบว่า เมื่ออุณหภูมิในการวิเคราะห์เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าการละลายของแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยน้ำร้อนในทุกตัวอย่างเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก (0 นาที) ที่มีค่าการละลายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการวิเคราะห์ โดยพบว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนเป็นเวลา 2 – 8 นาที มีค่าการละลายสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวกในทุกอุณหภูมิที่วิเคราะห์ ทั้งนี้พบว่าการเพิ่มเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนส่งผลให้แป้งมันเทศสีม่วงมีค่าการละลายลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาค่าการดูดซับน้ำและกำลังการพองตัว พบว่าที่อุณหภูมิ 30 – 65 องศาเซลเซียส แป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 2 4 6 และ 8 นาที มีค่าการดูดซับน้ำและกำลังการพองตัวสูงกว่าแป้งมันเทศที่ไม่ผ่านการลวก แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการวิเคราะห์เป็น 75 – 95 องศาเซลเซียส ส่งผลให้แป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวกมีค่าการดูดซับน้ำและกำลังการพองตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนทำให้มีค่าการดูดซับน้ำและกำลังการพองตัวสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยน้ำร้อน ซึ่งมีค่าการดูดซับน้ำและกำลังการพองตัวเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโด

เตรียมโดและหมั่น โถว โดยใช้แป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง (PF30W0, PF30W2, PF30W4, PF30W6 และ PF30W8) โดยใช้ปริมาณน้ำที่ได้จากค่าการดูดซับน้ำ (Water absorption) วิเคราะห์ด้วยเครื่องฟาริโนกราฟ (Farinograph) ซึ่งมีปริมาณน้ำเท่ากับร้อยละ 56 78 79 82 และ 83 โดยน้ำหนักแป้ง ตามลำดับ เปรียบเทียบกับ โดที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0) แสดงผลดังภาพที่ 4-5 และตารางที่ 4-7



ภาพที่ 4-5 ปริมาตรของโดที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง (PF30W0, PF30W2, PF30W4, PF30W6 และ PF30W8) เปรียบเทียบกับ โดที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0)

ตารางที่ 4-7 ปริมาตรและอัตราการแผ่ขยายของโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลาแตกต่างกันทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับโคที่ทำจากแป้งสาลีล้วน

โคของหมั่น โถว	ปริมาตรโคที่เวลา 120 นาที (มิลลิลิตร)	อัตราการแผ่ขยายของโค (มิลลิลิตรต่อนาที)
PF0	110±2 ^a	0.42±0.02 ^a
PF30W0	98±2 ^c	0.32±0.02 ^c
PF30W2	102±2 ^{bc}	0.35±0.02 ^{bc}
PF30W4	106±4 ^{ab}	0.38±0.03 ^{ab}
PF30W6	108±4 ^a	0.40±0.02 ^a
PF30W8	108±2 ^a	0.40±0.02 ^a

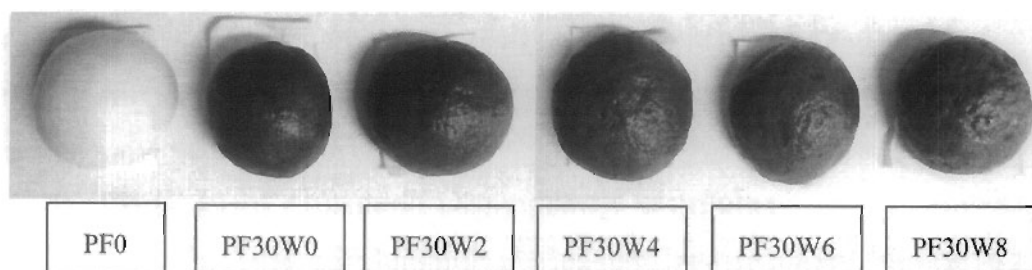
หมายเหตุ ^{a,b,c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากภาพที่ 4-5 และตารางที่ 4-7 แสดงความสามารถในการแผ่ขยายของโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง จากผลวิจัยพบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาการหมักมีผลให้โคมีความสามารถในการแผ่ขยายเพิ่มขึ้น โดยพบว่าโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที ทดแทนแป้งสาลี (PF30W0, PF30W2, PF30W4, PF30W6 และ PF30W8) มีปริมาตรโคที่เวลา 120 นาที อยู่ในช่วง 98 – 108 มิลลิลิตร และมีอัตราการแผ่ขยายของโคอยู่ในช่วง 0.32 – 0.40 มิลลิลิตรต่อนาที ซึ่งมีความสามารถในการแผ่ขยายต่ำกว่าโคที่ทำจากแป้งสาลีล้วนที่มีปริมาตรโคที่เวลา 120 นาที สูงสุด (110 มิลลิลิตร) และมีอัตราการแผ่ขยายของโคสูงสุด (0.42 มิลลิลิตรต่อนาที) ทั้งนี้พบว่า การเพิ่มเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนส่งผลให้โคมีความสามารถในการแผ่ขยายเพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของหมั่นโถว

ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ของหมั่นโถว

นำหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง นำมาวัดค่าสีและคำนวณหาค่า Hue angle (h°) และค่า Chroma (C^*) เปรียบเทียบกับหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน แสดงผลดังภาพที่ 4-6 และตารางที่ 4-8



ภาพที่ 4-6 ห่มน้โถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักรับ (PF30W0, PF30W2, PF30W4, PF30W6 และ PF30W8) เปรียบเทียบกับห่มน้โถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0)

ตารางที่ 4-8 ค่าสีของห่มน้โถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อน ที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักรับ เปรียบเทียบกับห่มน้โถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน

ห่มน้โถว	L*	a*	b*	h°	C*
PF0	87.42±0.39 ^a	0.12±0.04 ^d	14.39±0.27 ^a	89.51±0.17 ^c	14.39±0.28 ^d
PF30W0	44.32±0.56 ^{bcd}	12.44±0.40 ^c	8.07±0.10 ^b	33.02±0.53 ^f	14.82±0.39 ^d
PF30W2	43.06±0.94 ^d	16.02±0.26 ^b	-0.88±0.15 ^c	356.95±0.50 ^a	16.04±0.26 ^c
PF30W4	43.70±0.66 ^{cd}	18.08±0.13 ^a	-5.61±0.32 ^d	342.51±0.43 ^b	18.93±0.04 ^b
PF30W6	44.83±0.96 ^{bc}	18.03±0.06 ^a	-6.35±0.27 ^c	340.60±0.80 ^c	19.12±0.13 ^{ab}
PF30W8	45.32±0.64 ^b	18.22±0.31 ^a	-6.87±0.12 ^f	339.25±0.10 ^d	19.47±0.33 ^a

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากภาพที่ 4-6 และตารางที่ 4-8 พบว่า ห่มน้โถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวกทดแทนแป้งสาลี (PF30W0) มีสีน้ำตาล ซึ่งมีค่า L* 44.32 ค่า a* 12.44 ค่า b* 8.07 ค่า h° 33.02 องศา และค่า C* 14.82 ส่วนห่มน้โถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 2 – 8 นาที ทดแทนแป้งสาลี (PF30W2, PF30W4, PF30W6 และ PF30W8) มีสีม่วง และมีค่า L* อยู่ในช่วง 43.06 – 45.32 ค่า a* อยู่ในช่วง 16.02 – 18.22 ค่า b* อยู่ในช่วง (-0.88) – (-6.87) ค่า h° อยู่ในช่วง 339.25 – 356.95 องศา และค่า C* อยู่ในช่วง 16.04 – 19.47 โดยห่มน้โถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วง

มีค่า L^* และค่า b^* น้อยกว่า แต่มีค่า a^* ค่า h^0 และค่า C^* มากกว่าหมัน ไถวที่ทำจากแป้งสาลีส่วน (PF0) ทั้งนี้พบว่า การเพิ่มเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนมีผลให้หมัน ไถวมีค่า L^* ค่า a^* และค่า C^* เพิ่มขึ้น ส่วนค่า b^* และค่า h^0 ลดลง

ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่น ของหมันไถว

นำหมัน ไถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง มาหาค่าปริมาตรจำเพาะ และวัดค่าความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่น เปรียบเทียบกับหมัน ไถวที่ทำจากแป้งสาลีส่วน (PF0) แสดงผลดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของหมัน ไถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับหมัน ไถวที่ทำจากแป้งสาลีส่วน

หมันไถว	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ชม.ต่อกรัม)	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	ความยืดหยุ่น (ร้อยละ)
PF0	1.55±0.05 ^a	5.59±0.49 ^b	59.52±0.82 ^d
PF30W0	1.38±0.04 ^d	9.19±0.42 ^a	65.65±0.60 ^c
PF30W2	1.47±0.04 ^b	3.42±0.52 ^c	71.42±0.25 ^b
PF30W4	1.40±0.04 ^c	3.05±0.34 ^c	71.53±0.23 ^b
PF30W6	1.36±0.04 ^{dc}	3.61±0.22 ^c	71.40±0.57 ^b
PF30W8	1.35±0.06 ^c	3.43±0.25 ^c	72.20±0.29 ^a

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดังแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-9 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นพบว่า หมัน ไถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง (PF30W0, PF30W2, PF30W4, PF30W6 และ PF30W8) มีปริมาตรจำเพาะอยู่ในช่วง 1.35 – 1.47 ลบ.ชม.ต่อกรัม ซึ่งมีค่าต่ำกว่าหมัน ไถวที่ทำจากแป้งสาลีส่วน (1.55 ลบ.ชม.ต่อกรัม) ทั้งนี้พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนจนถึง 2 นาที ทำให้ค่าปริมาตรจำเพาะของหมัน ไถวเพิ่มขึ้น และหลังจากนั้นปริมาตรจำเพาะของหมัน ไถวลดลงเมื่อเพิ่มเวลาใน

การลวกด้วยน้ำร้อนจาก 2 นาที เป็น 4 6 และ 8 นาที ส่วนในด้านความแน่นเนื้อ จากผลวิจัยพบว่า หมั่น ไก่ที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 2 – 8 นาที ทดแทนแป้งสาลี มีค่าความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 3.05 – 3.61 นิวตัน ซึ่งมีค่าต่ำกว่าหมั่น ไก่ที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (5.59 นิวตัน) ยกเว้นหมั่น ไก่ที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวกที่มีความแน่นเนื้อสูงสุดและสูงกว่า หมั่น ไก่ที่ทำจากแป้งสาลีล้วน และด้านความยืดหยุ่นพบว่า หมั่น ไก่ที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยน้ำร้อนทดแทนแป้งสาลี มีความยืดหยุ่นอยู่ในช่วงร้อยละ 65.65 – 72.20 ซึ่งมีค่าสูงกว่า หมั่น ไก่ที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (ร้อยละ 59.52) และพบว่าหมั่น ไก่ที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมชั้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 2 – 8 นาที มีความยืดหยุ่นสูงกว่าหมั่น ไก่ที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก ทั้งนี้พบว่า การเพิ่มเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนมีผลให้หมั่น ไก่มีปริมาณจำเพาะลดลงและมีค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อของหมั่น ไก่ ($p \geq 0.05$)

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นไก่

ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นไก่ที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมชั้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับหมั่น ไก่ที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0) แสดงผลดังตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นไก่ที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมชั้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับหมั่นไก่ที่ทำจากแป้งสาลีล้วน

หมั่นไก่	คุณลักษณะ					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
PF0	7.47±0.63 ^a	7.03±0.76 ^{ab}	6.33±0.84 ^b	6.57±0.50 ^{bc}	6.70±0.79 ^c	6.80±0.61 ^c
PF30W0	5.70±0.84 ^d	5.63±0.76 ^d	5.67±0.71 ^c	5.80±0.76 ^d	5.93±0.87 ^d	5.80±0.81 ^d
PF30W2	6.47±0.82 ^c	6.10±0.80 ^c	6.30±0.88 ^b	6.43±0.57 ^c	6.77±0.86 ^{bc}	6.77±0.82 ^c
PF30W4	6.90±0.88 ^b	7.03±0.81 ^{ab}	6.77±0.90 ^a	6.90±0.80 ^{ab}	7.27±0.78 ^a	7.27±0.83 ^a
PF30W6	7.27±0.74 ^{ab}	7.23±0.77 ^a	6.63±0.85 ^{ab}	6.97±0.81 ^a	7.10±0.76 ^{ab}	7.17±0.79 ^{ab}
PF30W8	6.90±0.80 ^b	6.70±0.70 ^{bc}	6.73±0.64 ^a	6.63±0.76 ^{abc}	6.83±0.70 ^{bc}	6.87±0.78 ^{bc}

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-10 แสดงผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า หมั้นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0) และหมั้นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 6 นาที ทดแทนแป้งสาลี (PF30W6) มีคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏและสีสูงสุดไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ในขณะที่หมั้นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 4, 6 และ 8 นาที (PF30W4, PF30W6 และ PF30W8) มีความชอบในด้านกลิ่นและรสชาติสูงสุดไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) และพบว่าหมั้นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 4 และ 6 นาที มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวมสูงสุดโดยไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ซึ่งมีคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 7.27 และ 7.17 คะแนน ตามลำดับ และทั้งนี้พบว่าหมั้นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก (PF30W0) มีคะแนนความชอบในทุกด้านต่ำสุด

ผลการคัดเลือกเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนที่เหมาะสมในการเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง

จากผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า หมั้นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 4 และ 6 นาที มีคะแนนความชอบรวมสูงสุดโดยไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาสมบัติการด้านอนุมูลอิสระของแป้งมันเทศ พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 4 นาที มีปริมาณฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 6 นาที ดังนั้นสรุปได้ว่า เวลาที่เหมาะสมในการลวกด้วยน้ำร้อนของแป้งมันเทศสีม่วง คือ ที่เวลา 4 นาที

1.2 ผลของเวลาในการลวกด้วยไอน้ำที่มีต่อคุณสมบัติของแป้งมันเทศสีม่วง

นำชิ้นมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที มาวิเคราะห์กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดส แล้วเตรียมเป็นแป้งมันเทศสีม่วงจากนั้นนำไปวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและสมบัติทางกายภาพ เตรียมโคและหมั้นโถวโดยใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง แล้วนำมาวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของโคและหมั้นโถว และประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ผลการวิเคราะห์กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดส และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

นำชิ้นมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที มาวิเคราะห์กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดส และนำไปเตรียมเป็นแป้งมันเทศสีม่วงแล้วนำมาวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ แสดงผลดังตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดสของขึ้นมันเทศสีม่วง และปริมาณฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที

เวลาในการลวก (นาที)	กิจกรรมของ PPO ส่วนที่เหลือ (%)	ฟีนอลิก (มิลลิกรัม GAE ต่อกรัม)	แอนโทไซยานิน (มิลลิกรัม ต่อกรัม)	การกำจัดอนุมูล DPPH (EC_{50} , มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
0	97.39±3.00 ^a	2.75±0.02 ^c	0.49±0.01 ^c	7.04±0.07 ^a
2	83.26±1.88 ^b	4.53±0.09 ^d	0.75±0.01 ^d	6.94±0.11 ^a
4	9.39±2.27 ^c	4.78±0.08 ^c	1.53±0.01 ^c	2.68±0.18 ^b
6	6.03±1.93 ^{cd}	5.00±0.03 ^b	1.56±0.01 ^b	2.49±0.10 ^b
8	4.70±1.14 ^d	5.32±0.04 ^a	1.65±0.01 ^a	1.60±0.03 ^c

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-11 แสดงผลการวิเคราะห์กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดสของขึ้นมันเทศสีม่วง และปริมาณฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที พบว่า มันเทศที่ไม่ผ่านการลวกด้วยไอน้ำ (0 นาที) มีกิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดสส่วนที่เหลือสูงสุด (ร้อยละ 97.72) และเมื่อลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 2 นาที มีกิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดสส่วนที่เหลือลดลงเท่ากับร้อยละ 83.26 และเมื่อเพิ่มเวลาในการลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 4 – 8 นาที ส่งผลให้กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดสส่วนที่เหลือลดลงอยู่ในช่วงร้อยละ 4.70 – 9.39 ในขณะที่การเตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 4 – 8 นาที มีผลให้แป้งมันเทศสีม่วงมีปริมาณฟีนอลิกและปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าแป้งมันเทศที่ไม่ผ่านการลวก และแป้งมันเทศที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 2 นาที และพบว่าการเพิ่มเวลาในการลวกด้วยไอน้ำส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกและปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มมากขึ้น ส่วนกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระพบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 4 – 8 นาที มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH สูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก และแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 2 นาที ซึ่งมีค่า EC_{50} อยู่ในช่วง 1.60 – 2.68 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และทั้งนี้พบว่าการเพิ่มเวลาในการลวกด้วยไอน้ำส่งผลให้แป้งมันเทศสีม่วงมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง

ค่าสี (L^* , a^* และ b^*)

นำแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที มาวัดค่าสีและคำนวณค่า Hue angle (h°) และค่า Chroma (C^*) แสดงผลดังภาพที่ 4-7 และตารางที่ 4-12



ภาพที่ 4-7 สีของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที

ตารางที่ 4-12 ค่าสีของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที

เวลาในการลวก (นาที)	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
0	67.42±0.27 ^a	10.00±0.16 ^d	6.33±0.17 ^a	32.34±0.62 ^c	11.83±0.11 ^d
2	64.69±0.48 ^b	12.23±0.28 ^c	5.77±0.20 ^b	25.33±0.27 ^d	13.52±0.34 ^c
4	63.87±0.15 ^c	18.80±0.19 ^b	-7.68±0.13 ^d	337.87±0.28 ^b	20.31±0.23 ^b
6	63.67±0.28 ^c	20.38±0.33 ^a	-7.49±0.53 ^c	340.20±0.50 ^a	21.66±0.37 ^a
8	61.07±0.66 ^d	20.12±0.77 ^a	-7.54±0.17 ^{cd}	339.36±0.77 ^a	21.51±0.71 ^a

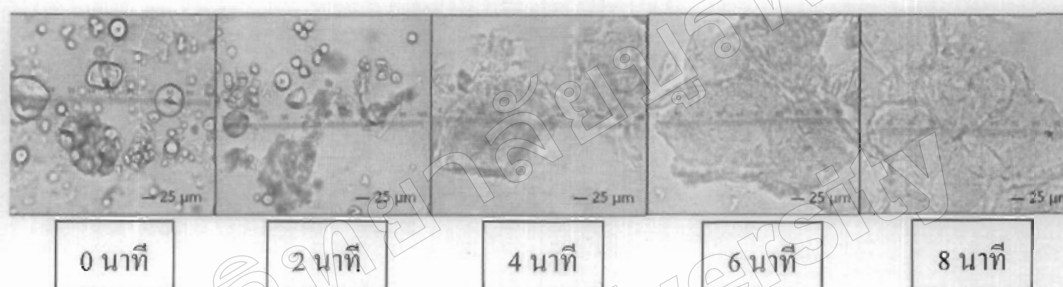
หมายเหตุ ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากภาพที่ 4-7 และตารางที่ 4-12 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสีของแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวกด้วยไอน้ำ (0 นาที) และแป้งมันเทศที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 2 นาที มีสีน้ำตาล มีค่า L^* อยู่ในช่วง 64.69 – 67.42 ค่า a^* อยู่ในช่วง 10.00 – 12.23 ค่า b^* อยู่ในช่วง 5.77 – 6.33 ค่า h° 25.33 – 32.34 องศา และค่า C^* 11.83 – 13.52 ส่วนแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 4 6 และ

8 นาที มีสีม่วง โดยมีค่า L^* อยู่ในช่วง 61.07 – 63.87 ค่า a^* 18.80 – 20.38 ค่า b^* (-7.49) – (-7.68) ค่า h° อยู่ในช่วง 337.87 – 340.20 องศา และค่า C^* อยู่ในช่วง 20.31 – 21.66 ทั้งนี้พบว่าการเพิ่มเวลาในการลวกด้วยไอน้ำมีผลให้แป้งมันเทศสีม่วงมีค่า L^* และค่า b^* ลดลง ส่วนค่า a^* ค่า h° และค่า C^* เพิ่มมากขึ้น

ลักษณะและรูปร่างของเม็ดสตาร์ชแป้งมันเทศสีม่วง

นำแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที โดยนำมาส่องดูลักษณะเม็ดสตาร์ชแป้งมันเทศสีม่วงภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงส่องผ่านที่ กำลังขยาย 40 เท่า แสดงผลดังภาพที่ 4-8

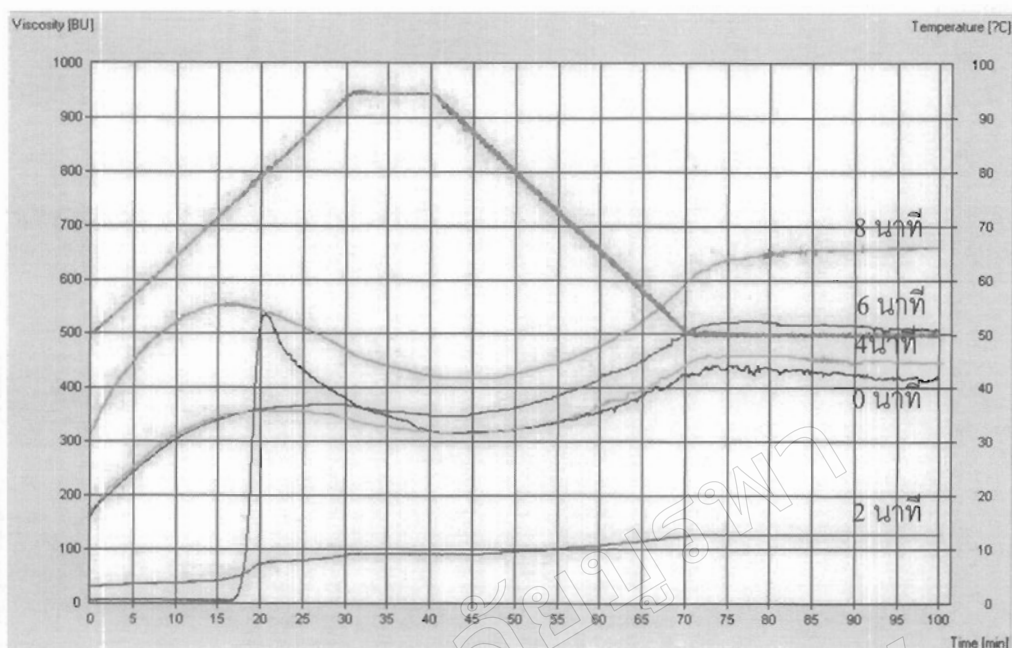


ภาพที่ 4-8 ลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที

จากภาพที่ 4-8 แสดงให้เห็นว่าลักษณะเม็ดสตาร์ชของแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวกด้วยไอน้ำ (0 นาที) มีลักษณะเป็นรูปไข่ รูปวงกลม และรูปหลายเหลี่ยม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 – 25 ไมโครเมตร และจากผลวิจัยพบว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 2 นาที มีลักษณะเม็ดสตาร์ชที่ใกล้เคียงกับแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก และเมื่อเพิ่มเวลาในการลวกด้วยไอน้ำมีผลให้เม็ดสตาร์ชพองตัวขนาดใหญ่ขึ้น โดยแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 4 นาที เม็ดสตาร์ชมีขนาดใหญ่ประมาณ 100 ไมโครเมตร ส่วนแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 6 และ 8 นาที เม็ดสตาร์ชมีขนาดใหญ่ขึ้นและแตกออกจนมีขนาดมากกว่า 100 ไมโครเมตร

การเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารละลายน้ำแป้งมันเทศสีม่วง

นำแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที และมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารละลายน้ำแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ด้วยเครื่องบราเวนเดอร์วิส โคอะมิโกลราฟ แสดงดังภาพที่ 4-9 และตารางที่ 4-13



ภาพที่ 4-9 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำ
ที่เวลา 0 – 8 นาที

ตารางที่ 4-13 ความหนืดของสารละลายแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำ
ที่เวลา 0 – 8 นาที

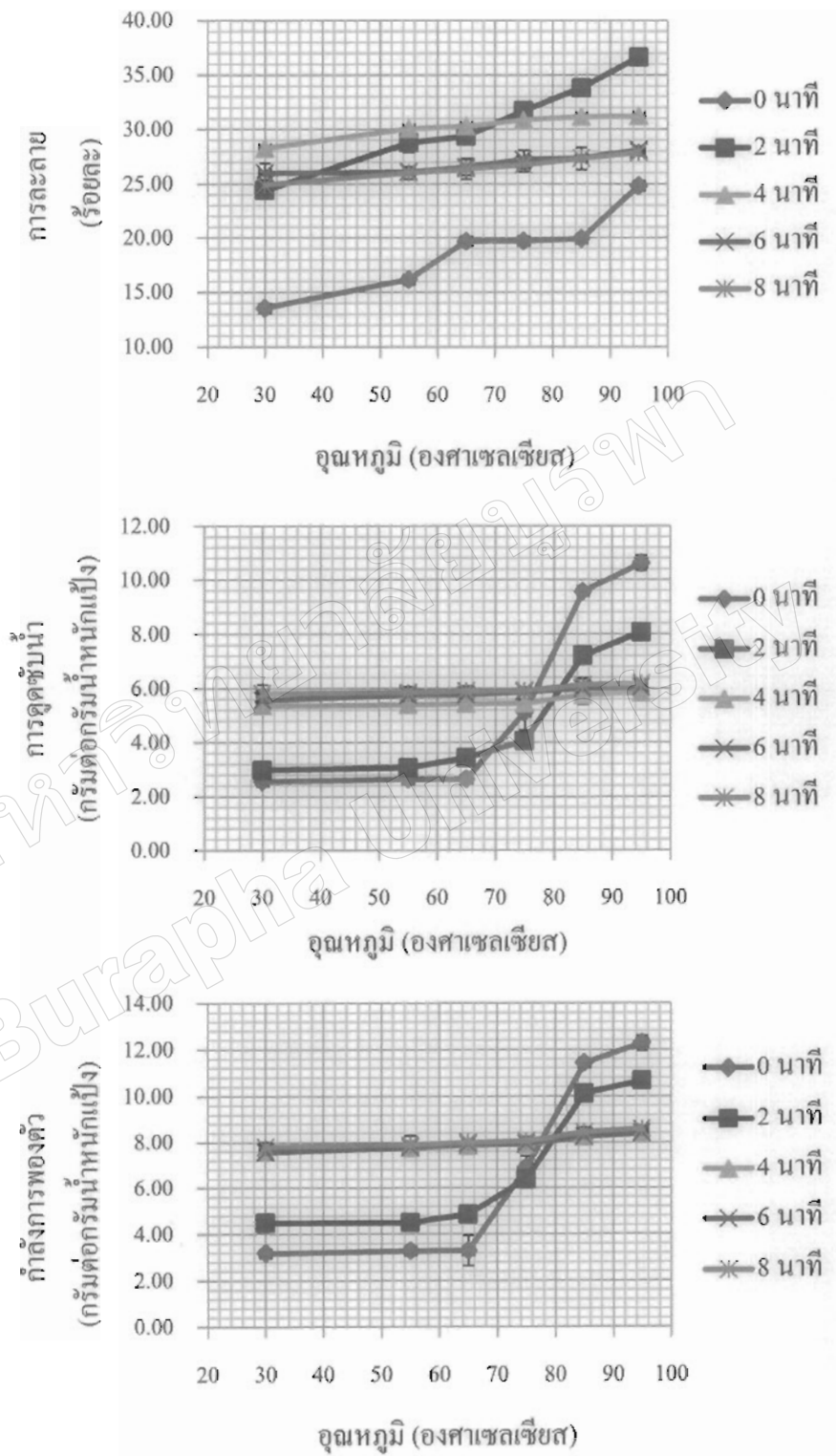
เวลาในการลวก (นาที)	ความหนืด เริ่มต้น (BU)	ความหนืด สูงสุด (BU)	ความหนืด ลดลง (BU)	ความหนืด การคืนตัว (BU)	ความหนืด สุดท้าย (BU)
0	18.33±1.53 ^c	537.00±2.00 ^b	215.00±1.00 ^a	101.33±1.53 ^d	417.00±2.65 ^d
2	42.67±2.52 ^d	92.00±2.65 ^c	1.00±1.00 ^c	36.00±1.00 ^c	127.33±2.52 ^c
4	172.33±2.52 ^c	335.33±2.52 ^d	17.33±2.08 ^d	124.33±0.58 ^c	445.33±2.52 ^c
6	179.67±1.53 ^b	365.33±2.52 ^c	35.33±3.21 ^c	152.67±2.08 ^b	505.33±2.52 ^b
8	321.67±2.08 ^a	557.67±2.52 ^a	135.00±4.36 ^b	170.67±0.58 ^a	663.67±3.21 ^a

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากภาพที่ 4-9 และตารางที่ 4-13 แสดงการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 2 – 8 นาที มีค่าความหนืดเริ่มต้นอยู่ในช่วง 42.67 – 321.67 BU ซึ่งมีค่าสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวกด้วยไอน้ำ (0 นาที) (18.33 BU) เมื่อพิจารณาความหนืดสูงสุด พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 2 4 และ 6 นาที มีค่าความหนืดสูงสุดเท่ากับ 92.00 335.33 และ 365.33 BU ตามลำดับ มีค่าต่ำกว่าแป้งมันเทศที่ไม่ผ่านการลวก (537.00 BU) ส่วนแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 8 นาที มีความหนืดสูงสุดเท่ากับ 557.67 BU สูงกว่าแป้งมันเทศที่ไม่ผ่านการลวก ส่วนค่าความหนืดลดลง (Breakdown) พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 2 – 8 นาที มีค่าความหนืดลดลงในช่วง 1.00 – 135.00 BU มีค่าต่ำกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก (215.00 BU) ส่วนความหนืดการคืนตัว (Setback) พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 4 6 และ 8 นาที มีความหนืดการคืนตัวเท่ากับ 124.33 152.67 และ 170.67 BU ตามลำดับ และค่าสูงกว่าแป้งมันเทศที่ไม่ผ่านการลวก (101.33 BU) และแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 2 นาที มีค่าความหนืดการคืนตัวต่ำสุด (36.00 BU) และสำหรับความหนืดสุดท้าย พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 4 6 และ 8 นาที มีความหนืดสุดท้ายเท่ากับ 445.33 505.33 และ 663.67 BU ตามลำดับ สูงกว่าแป้งมันเทศที่ไม่ผ่านการลวก (417.00 BU) และแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 2 นาที ซึ่งมีค่าความหนืดสุดท้ายต่ำสุด (127.33BU) และทั้งนี้พบว่าการเพิ่มเวลาในการลวกด้วยไอน้ำทำให้แป้งมันเทศสีม่วงมีความหนืดเริ่มต้น ความหนืดสูงสุด ความหนืดลดลง ความหนืดการคืนตัว และความหนืดสุดท้ายเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การละลาย การดูดซับน้ำ และกำลังการพองตัว ของแป้งมันเทศสีม่วง

นำแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที มาวิเคราะห์การละลาย การดูดซับน้ำ และกำลังการพองตัว ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และที่สภาวะอุณหภูมิ 55 65 75 และ 95 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 4-10 และตารางที่ 4-14 4-15 และ 4-16



ภาพที่ 4-10 การละลาย การดูดซับน้ำ และกำลังการพองตัว ของแป้งมันเทศที่ม้วนที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที

ตารางที่ 4-14 ค่าการละลายของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา
0 – 8 นาที

เวลาในการ ลวก(นาที)	ค่าการละลาย (ร้อยละ)					
	30 °C	55 °C	65 °C	75 °C	85 °C	95 °C
0	13.54±0.40 ^d	16.15±0.47 ^d	19.68±0.28 ^c	19.70±0.25 ^c	19.91±0.08 ^d	24.89±0.20 ^d
2	24.40±0.52 ^c	28.76±0.82 ^b	29.36±0.55 ^a	31.69±0.29 ^a	33.79±0.29 ^a	36.61±0.49 ^a
4	28.23±0.18 ^a	30.05±0.18 ^a	30.26±0.26 ^a	30.86±0.36 ^a	31.13±0.31 ^b	31.19±0.18 ^b
6	25.98±0.89 ^b	26.10±0.17 ^c	26.53±0.74 ^b	27.24±0.82 ^b	27.34±0.27 ^c	28.08±0.34 ^c
8	24.88±0.50 ^c	26.00±0.58 ^c	26.37±0.94 ^b	26.75±0.62 ^b	27.32±0.99 ^c	27.87±0.29 ^c

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรต่างกันที่อุณหภูมิเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-15 ค่าการดูดซับน้ำของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา
0 – 8 นาที

เวลาในการ ลวก (นาที)	ค่าการดูดซับน้ำ (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแป้ง)					
	30 °C	55 °C	65 °C	75 °C	85 °C	95 °C
0	2.55±0.04 ^d	2.63±0.07 ^d	2.64±0.07 ^d	5.12±0.68 ^b	9.57±0.02 ^a	10.61±0.28 ^a
2	2.98±0.11 ^c	3.06±0.05 ^c	3.43±0.19 ^c	4.05±0.22 ^c	7.20±0.12 ^b	8.07±0.08 ^b
4	5.36±0.12 ^b	5.39±0.14 ^b	5.44±0.05 ^b	5.39±0.14 ^{ab}	5.75±0.35 ^c	5.84±0.10 ^d
6	5.56±0.30 ^{ab}	5.76±0.16 ^a	5.76±0.16 ^a	5.87±0.08 ^a	5.99±0.36 ^c	6.04±0.07 ^{cd}
8	5.81±0.32 ^a	5.85±0.21 ^a	5.89±0.19 ^a	5.92±0.12 ^a	6.12±0.25 ^c	6.19±0.10 ^c

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรต่างกันที่อุณหภูมิเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-16 กำลังการพองตัวของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที

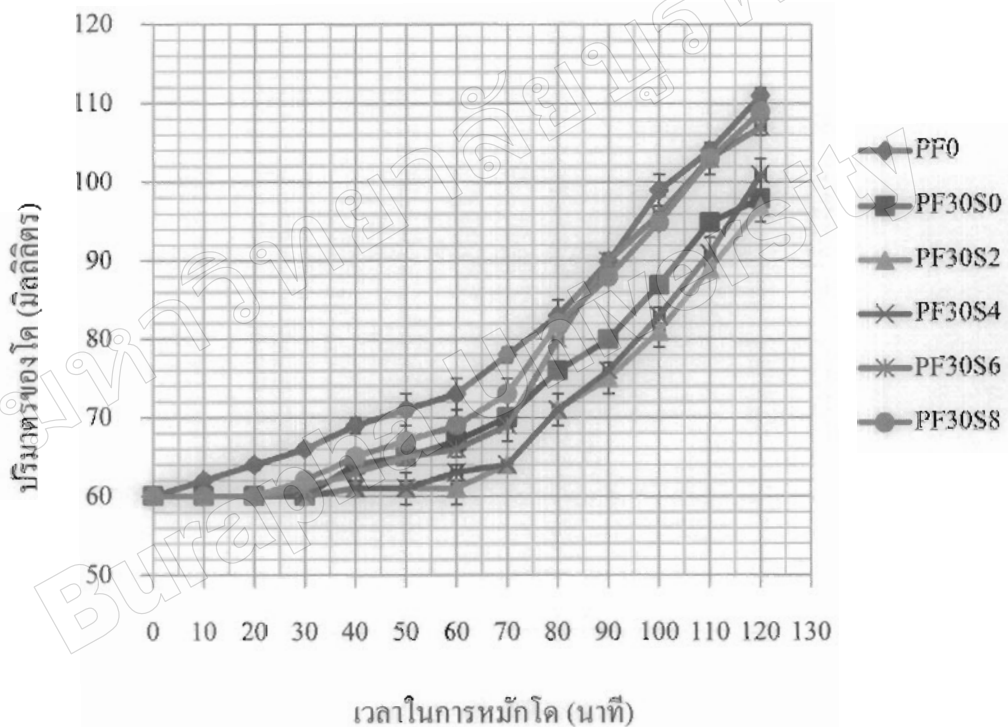
เวลาในการ ลวก (นาที)	กำลังการพองตัว (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแป้ง)					
	30 °C	55 °C	65 °C	75 °C	85 °C	95 °C
0	3.17±0.04 ^c	3.28±0.08 ^c	3.71±0.65 ^c	6.56±0.53 ^b	11.41±0.04 ^a	12.28±0.32 ^a
2	4.49±0.05 ^b	4.50±0.14 ^b	4.86±0.23 ^b	6.38±0.38 ^b	10.11±0.07 ^b	10.67±0.03 ^b
4	7.59±0.08 ^a	7.75±0.13 ^a	7.83±0.18 ^a	7.89±0.07 ^a	8.23±0.36 ^c	8.35±0.13 ^c
6	7.56±0.32 ^a	7.78±0.27 ^a	7.92±0.11 ^a	7.94±0.12 ^a	8.25±0.34 ^c	8.39±0.06 ^c
8	7.78±0.23 ^a	7.89±0.38 ^a	8.00±0.12 ^a	8.04±0.19 ^a	8.42±0.22 ^c	8.58±0.11 ^c

หมายเหตุ ^{a,b,c}... หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรต่างกันที่อุณหภูมิเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากภาพที่ 4-10 และตารางที่ 4-14 4-15 และ 4-16 แสดงการวิเคราะห์ค่าการละลาย การดูดซับน้ำ และกำลังการพองตัว ของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที จากผลวิจัยพบว่า เมื่ออุณหภูมิในการวิเคราะห์เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าการละลายของแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำทุกตัวอย่างเพิ่มขึ้น โดยพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการวิเคราะห์ทำให้แป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก (0 นาที) และแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 2 นาที มีค่าการละลายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวกมีค่าการละลายต่ำสุดอยู่ในช่วงร้อยละ 13.54 – 24.89 ทั้งนี้เมื่อเพิ่มเวลาในการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 4 6 และ 8 นาที ทำให้ค่าการละลายของแป้งมันเทศสีม่วงลดลง โดยแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 6 และ 8 นาที มีค่าการละลายไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) และเมื่อพิจารณาค่าการดูดซับน้ำและกำลังการพองตัว พบว่าที่อุณหภูมิในช่วง 30 – 65 องศาเซลเซียส แป้งมันเทศที่ไม่ผ่านการลวกและแป้งมันเทศที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 2 นาที มีค่าการดูดซับน้ำและกำลังการพองตัวต่ำกว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 4 6 และ 8 นาที แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการวิเคราะห์ในช่วง 75 – 95 องศาเซลเซียส แป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก และแป้งมันเทศที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 2 นาที มีค่าการดูดซับน้ำและกำลังการพองตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนทำให้มีค่าการดูดซับน้ำและกำลังการพองตัวสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 4 6 และ 8 นาที ซึ่งมีค่าการดูดซับน้ำและกำลังการพองตัวเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโค

เตรียมโคและหมั่นโถวโดยใช้แป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง (PF30S0, PF30S2, PF30S4, PF30S6 และ PF30S8) ใช้ปริมาณน้ำจากค่าการดูดซับน้ำ (Water absorption) ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องฟาริโนกราฟ (Farinograph) มีปริมาณน้ำเท่ากับร้อยละ 57 65 77 78 และ 80 โดยน้ำหนักแป้ง ตามลำดับ และเปรียบ เทียบกับ โคที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0) แสดงผลดังภาพที่ 4-11 และตารางที่ 4-17



ภาพที่ 4-11 ปริมาตรของโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง (PF30S0, PF30S2, PF30S4, PF30S6 และ PF30S8) เปรียบเทียบกับ โคที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0)

ตารางที่ 4-17 ปริมาตรและอัตราการแผ่ขยายของโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับโคที่ทำจากแป้งสาลีล้วน

โคของหมั่นโถว	ปริมาตรโคที่เวลา 120 นาที (มิลลิลิตร)	อัตราการแผ่ขยายของโค (มิลลิลิตรต่อนาที)
PF0	110±4 ^a	0.42±0.02 ^a
PF30S0	98±4 ^c	0.32±0.02 ^c
PF30S2	96±2 ^c	0.35±0.02 ^{bc}
PF30S4	100±2 ^{bc}	0.38±0.03 ^{ab}
PF30S6	106±4 ^{ab}	0.40±0.02 ^a
PF30S8	108±4 ^a	0.40±0.02 ^a

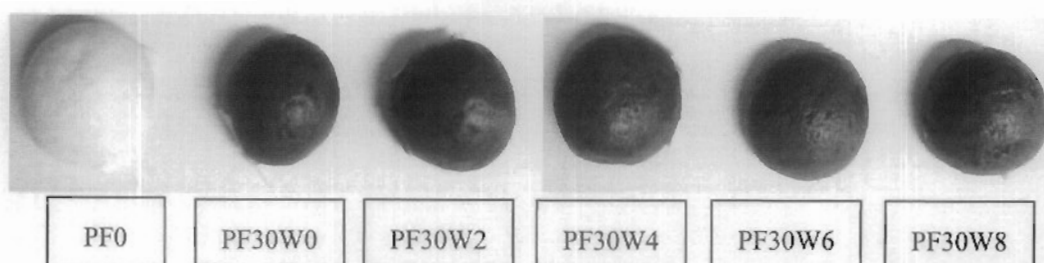
หมายเหตุ ^{a,b,c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากภาพที่ 4-11 และตารางที่ 4-17 แสดงความสามารถในการแผ่ขยายของโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง จากผลวิจัยพบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาการหมักส่งผลให้โคมีความสามารถในการแผ่ขยายเพิ่มขึ้น โดยพบว่าโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที (PF30S0, PF30S2, PF30S4, PF30S6 และ PF30S8) มีปริมาตรโคที่เวลา 120 นาที อยู่ในช่วง 96 – 108 มิลลิลิตร และมีอัตราการแผ่ขยายของโคอยู่ในช่วง 0.32 – 0.40 มิลลิลิตรต่อนาที ซึ่งมีความสามารถในการแผ่ขยายต่ำกว่าโคที่ทำจากแป้งสาลีล้วน ยกเว้นโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 6 และ 8 นาที มีความสามารถในการแผ่ขยายของโคไม่แตกต่างกับโคที่ทำจากแป้งสาลีล้วน และเมื่อเพิ่มเวลาการลวกด้วยไอน้ำมีผลให้โคมีความสามารถในการแผ่ขยายเพิ่มมากขึ้น

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของหมั่นโถว

ค่าสี (L^* a^* และ b^*) ของหมั่นโถว

นำหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง มาวัดค่าสีและนำมาคำนวณค่า Hue angle (h°) และค่า Chroma (C^*) เปรียบเทียบกับหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0) แสดงดังภาพที่ 4-12 และตารางที่ 4-18



ภาพที่ 4-12 ห่มเนื้อที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง (PF30S0, F30S2, PF30S4, PF30S6 และ PF30S8) เปรียบเทียบกับโคที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0)

ตารางที่ 4-18 ค่าสีของห่มเนื้อที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำ ที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับห่มเนื้อที่ทำจากแป้งสาลีล้วน

ห่มเนื้อ	L*	a*	b*	h°	C*
PF0	88.07±0.93 ^a	0.06±0.04 ^d	13.74±0.34 ^a	89.73±0.15 ^c	13.74±0.34 ^c
PF30S0	44.14±0.42 ^{bc}	12.24±0.46 ^c	8.07±0.15 ^c	33.33±0.60 ^c	14.67±0.46 ^d
PF30S2	41.76±0.41 ^d	12.07±0.08 ^c	9.47±0.30 ^b	38.10±0.96 ^d	15.35±0.15 ^c
PF30S4	42.99±0.68 ^c	16.92±0.12 ^b	-2.46±0.17 ^d	351.70±0.67 ^a	17.11±0.15 ^b
PF30S6	45.51±0.64 ^b	17.78±0.03 ^a	-4.49±0.20 ^c	345.91±0.68 ^b	18.34±0.09 ^a
PF30S8	45.01±0.82 ^b	17.87±0.13 ^a	-4.74±0.08 ^c	345.19±0.27 ^b	18.48±0.12 ^a

หมายเหตุ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากภาพที่ 4-12 และตารางที่ 4-18 พบว่า ห่มเนื้อที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก (PF30S0) และห่มเนื้อที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 2 นาที (PF30S2) มีสีน้ำตาล ซึ่งมีค่า L* อยู่ในช่วง 41.76 – 44.14 ค่า a* อยู่ในช่วง 12.07 – 12.24 ค่า b* อยู่ในช่วง 8.07 – 9.47 ค่า h° อยู่ในช่วง 33.33 – 38.10 องศา และค่า C* อยู่ในช่วง 14.67 – 15.35 ส่วนห่มเนื้อที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 4 6 และ 8 นาที (PF30S4, PF30S6 และ PF30S8) มีสีม่วง โดยมีค่า L* อยู่ในช่วง 42.99 – 45.51 ค่า a* อยู่ในช่วง 16.92 – 17.87 ค่า b* อยู่ในช่วง

(-2.46) – (-4.79) ค่า h° อยู่ในช่วง 345.19 – 351.70 องศา และค่า C^* อยู่ในช่วง 14.67 – 18.48 โดยพบว่าหมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 0 – 8 นาที มีค่า L^* และค่า b^* น้อยกว่า แต่มีค่า a^* และค่า C^* มากกว่าหมันโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน และทั้งนี้พบว่าการเพิ่มเวลาในการลวกด้วยไอน้ำมีผลให้ค่า L^* ค่า a^* และค่า C^* เพิ่มขึ้น ส่วนค่า b^* ลดลง

ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของหมันโถว

นำหมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง นำมาหาค่าปริมาตรจำเพาะ และวัดค่าความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่น เปรียบเทียบกับหมันโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0) แสดงผลดังตารางที่ 4-19

ตารางที่ 4-19 ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของหมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับหมันโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน

หมันโถว	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ชม.ต่อกรัม)	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	ความยืดหยุ่น (ร้อยละ)
PF0	1.56±0.04 ^a	5.60±0.50 ^b	59.80±0.94 ^d
PF30S0	1.38±0.02 ^c	9.05±0.35 ^a	65.78±0.59 ^c
PF30S2	1.39±0.04 ^c	4.99±0.20 ^c	69.80±0.66 ^b
PF30S4	1.44±0.04 ^b	3.42±0.23 ^d	71.27±0.52 ^a
PF30S6	1.41±0.06 ^{bc}	3.11±0.37 ^c	71.47±0.37 ^a
PF30S8	1.39±0.04 ^c	3.07±0.37 ^c	71.44±0.28 ^a

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-19 แสดงการวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นพบว่า หมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 0 – 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง (PF30S0, PF30S2, PF30S4, PF30S6 และ PF30S8) มีค่าปริมาตรจำเพาะอยู่ในช่วง 1.38 – 1.44 ลบ.ชม.ต่อกรัม ซึ่งมีค่าต่ำกว่าหมันโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (1.56 ลบ.ชม.ต่อกรัม) การเพิ่มเวลาในการลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 0 2 และ 4 นาที ส

มีผลให้หมั่น โถวมีปริมาตรจำเพาะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 6 และ 8 นาที ส่งผลให้หมั่น โถวมีค่าปริมาตรจำเพาะลดลงโดยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนด้านความแน่นเนื้อ พบว่า หมั่น โถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เวลา 0–8 นาที มีค่าความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 4.99–3.42 นิวตัน ซึ่งมีค่าต่ำกว่าหมั่น โถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (5.60 นิวตัน) ยกเว้นหมั่น โถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวกมีความแน่นเนื้อสูงกว่าหมั่น โถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (9.19 นิวตัน) และด้านความยืดหยุ่น พบว่า หมั่น โถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เวลา 0–8 นาที มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ในช่วงร้อยละ 65.78–71.47 มีค่าสูงกว่าหมั่น โถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (ร้อยละ 59.52) และพบว่า การเพิ่มเวลาในการลวกด้วยไอน้ำทำให้หมั่น โถวมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 4 6 และ 8 นาที มีผลให้มีความยืดหยุ่น ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) และทั้งนี้พบว่า การเพิ่มเวลาในการลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 4 6 และ 8 นาที มีผลให้หมั่น โถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงมีปริมาตรจำเพาะและความแน่นเนื้อลดลง แต่ไม่มีผลต่อความยืดหยุ่นของหมั่น โถว

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโถว

ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่น โถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้งเปรียบเทียบกับหมั่น โถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0) แสดงผลดังตารางที่ 4-20

ตารางที่ 4-20 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่น โถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับหมั่น โถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน

หมั่นโถว	คุณลักษณะ					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
PF0	7.53±0.73 ^a	7.20±0.76 ^a	6.30±0.75 ^b	6.57±0.68 ^a	6.63±0.67 ^b	6.77±0.77 ^c
PF30S0	5.70±0.79 ^c	5.63±0.85 ^c	5.63±0.61 ^c	5.73±0.58 ^c	5.87±0.63 ^c	5.73±0.69 ^c
PF30S2	6.03±0.72 ^d	5.80±0.76 ^c	5.80±0.66 ^c	6.20±0.85 ^b	6.17±0.75 ^c	6.13±0.78 ^d
PF30S4	6.57±0.73 ^c	6.60±0.72 ^b	6.13±0.82 ^b	6.50±0.73 ^{ab}	6.93±0.78 ^b	6.87±0.73 ^{bc}
PF30S6	7.17±0.70 ^b	7.03±0.76 ^a	6.73±0.74 ^a	6.83±0.70 ^a	7.30±0.91 ^a	7.40±0.93 ^a
PF30S8	7.00±0.69 ^b	7.00±0.79 ^a	6.87±0.78 ^a	6.87±0.86 ^a	7.37±0.81 ^a	7.17±0.83 ^{ab}

หมายเหตุ ^{a,b,c...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดังแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-20 แสดงผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า หมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0) มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏสูงสุด รองลงมาคือ หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 6 และ 8 นาที (PF30S6 และ PF30S8) มีคะแนนความชอบโดยไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) โดยพบว่าหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วนและหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 6 และ 8 นาที มีคะแนนความชอบด้านสีสูงสุดไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ในขณะที่หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 6 และ 8 นาที มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงสุดไม่แตกต่างกันด้วย ($p \geq 0.05$) ส่วนด้านรสชาติ พบว่า หมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน และหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 4 6 และ 8 นาที มีคะแนนความชอบสูงสุดไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) โดยหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 6 และ 8 นาที มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวมสูงสุดโดยไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ซึ่งมีคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 7.40 และ 7.17 คะแนน ตามลำดับ และทั้งนี้พบว่าหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่ผ่านการลวก และหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 2 นาที มีคะแนนความชอบในทุกด้านต่ำสุดโดยไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)

ผลการคัดเลือกเวลาในการลวกด้วยไอน้ำที่เหมาะสมในการเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง

จากผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 6 และ 8 นาที มีความชอบรวมสูงสุดโดยไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) และเมื่อพิจารณาด้านสมบัติการด้านอนุมูลอิสระของแป้งมันเทศ พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 8 นาที มีปริมาณฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการด้านอนุมูลอิสระสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 6 นาที ดังนั้นสรุปได้ว่า เวลาที่เหมาะสมในการลวกด้วยไอน้ำของแป้งมันเทศสีม่วง คือ ที่เวลา 8 นาที

1.3 ผลการคัดเลือกวิธีการเตรียมขั้นต้นที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง

เปรียบเทียบสมบัติการด้านอนุมูลอิสระของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขั้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 4 นาที และแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขั้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 8 นาที ซึ่งได้จากการคัดเลือกในตอนต้นที่ 1.1 และ 1.2 แสดงผลดังตารางที่ 4-21

ตารางที่ 4-21 สมบัติการด้านอนุมูลอิสระของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วย น้ำร้อนและไอน้ำ

แป้งมันเทศสีม่วง	ฟีนอลิก (มิลลิกรัม GAE ต่อกรัม)	แอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อกรัม)	การกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH (EC ₅₀ , มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
ลวกน้ำร้อน 4 นาที	4.91±0.09 ^b	1.29±0.02 ^b	3.27±0.04 ^a
ลวกไอน้ำ 8 นาที	5.32±0.04 ^a	1.65±0.01 ^a	1.60±0.03 ^b

หมายเหตุ ^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

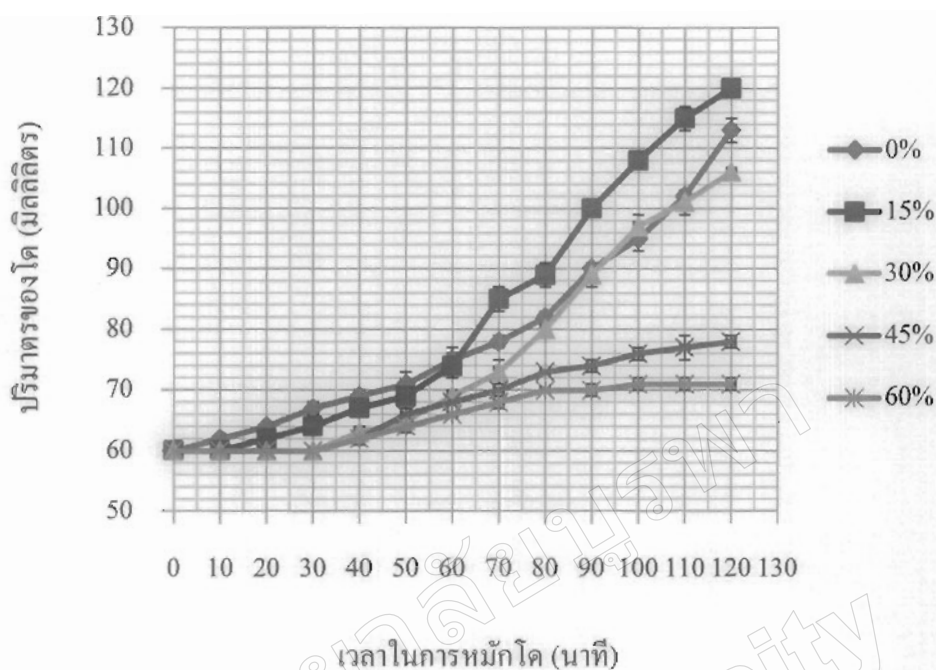
จากตารางที่ 4-21 แสดงผลการเปรียบเทียบสมบัติการด้านอนุมูลอิสระของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนและไอน้ำ พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 8 นาที มีปริมาณฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 4 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ดังนั้นสรุปได้ว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 8 นาที มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ศึกษาในตอนต่อไป

ตอนที่ 2 ศึกษาผลการหาปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่เหมาะสมในการผลิตหมั่นโถว

เตรียม โดและหมั่นโถวโดยใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0 15 30 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง โดยใช้แป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 8 นาที ซึ่งได้จากการคัดเลือกในตอนที่ 1 แล้ววิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโด และนำหมั่นโถวมานำวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ สมบัติการด้านอนุมูลอิสระ และประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโด

เตรียม โดและหมั่นโถวโดยใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณ 0 15 30 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง ใช้ปริมาณน้ำซึ่งเป็นค่าการดูดซับน้ำ (Water absorbtion) ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องฟาริโนกราฟ (Farinograph) เท่ากับร้อยละ 44 68 80 89 และ 93 โดยน้ำหนักแป้ง ตามลำดับ และนำโดมาวัดความสามารถในการแผ่ขยายของโด แสดงผลดังภาพที่ 4-13 และตารางที่ 4-22



ภาพที่ 4-13 ปริมาตรของโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง

ตารางที่ 4-22 ปริมาตรและอัตราการแผ่ขยายของโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง

ปริมาณแป้ง มันเทศสีม่วง	ปริมาตร โค ที่เวลา 120 นาที (มิลลิลิตร)	อัตราการแผ่ขยายของโค (มิลลิลิตรต่อนาที)
0%	112±2 ^b	0.43±0.02 ^b
15%	120±4 ^a	0.50±0.03 ^a
30%	106±4 ^c	0.38±0.03 ^c
45%	78±2 ^d	0.15±0.02 ^d
60%	70±2 ^e	0.08±0.02 ^e

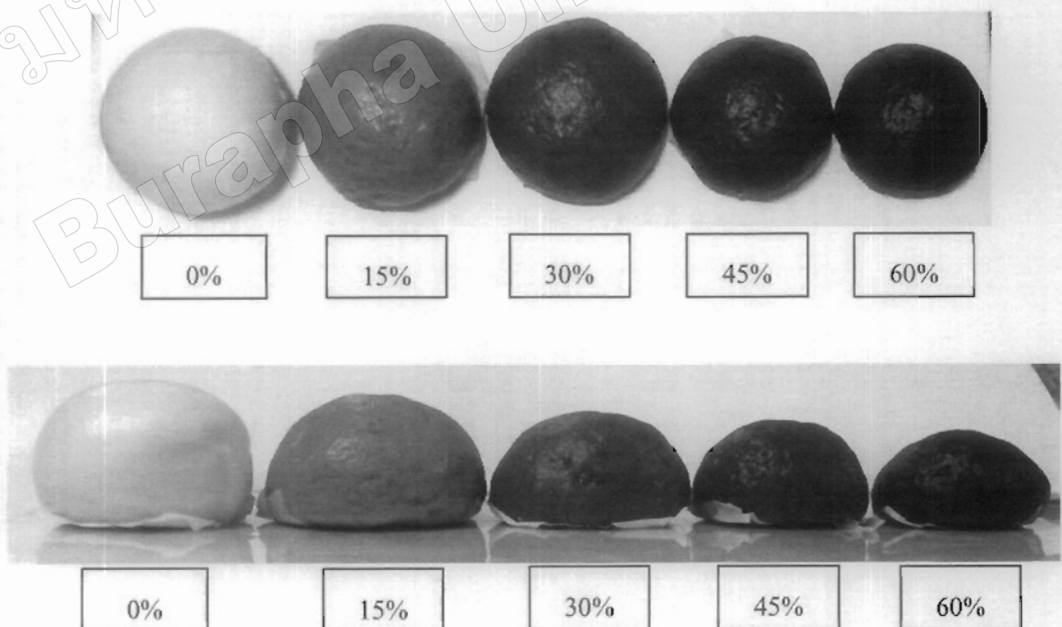
หมายเหตุ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดังแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากภาพที่ 4-13 และตารางที่ 4-22 แสดงผลวิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง จากผลวิจัยพบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการหมักส่งผลให้โคมีความสามารถในการแผ่ขยายเพิ่มขึ้น และพบว่าโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีมีปริมาตรโคที่เวลา 120 นาที และมีอัตราการแผ่ขยายของโคต่ำกว่าโคที่ไม่มีการเติมแป้งมันเทศสีม่วงซึ่งทำจากแป้งสาลีล้วน (0%) ยกเว้น โคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 15 มีปริมาตรโคที่เวลา 120 นาที สูงสุด (120 มิลลิลิตร) และมีอัตราการแผ่ขยายของโคสูงสุดด้วย (0.50 มิลลิลิตรต่อนาที) ซึ่งมีความสูงกว่าโคที่ทำมาจากแป้งสาลีล้วน และพบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงมีผลให้ปริมาตรโคที่เวลา 120 นาที และอัตราการแผ่ขยายของโคลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของหมั่นโถว

ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ของหมั่นโถว

นำหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 15 30 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง มาวัดค่าสีและคำนวณค่า Hue angle (h°) และค่า Chroma (C^*) แสดงผลดังภาพที่ 4-14 ตารางที่ 4-23



ภาพที่ 4-14 หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง

ตารางที่ 4-23 ค่าสีของหมัน โฉวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง

ปริมาณแป้ง มันเทศสีม่วง	L*	a*	b*	h°	C*
0%	88.07±0.32 ^a	0.12±0.04 ^d	13.93±0.20 ^a	89.52±0.25 ^c	13.93±0.20 ^d
15%	55.93±0.51 ^b	15.05±0.14 ^c	-1.58±0.17 ^b	354.06±0.67 ^a	15.14±0.14 ^c
30%	40.48±0.27 ^c	18.22±0.15 ^a	-4.77±0.31 ^c	345.12±0.53 ^b	18.84±0.18 ^b
45%	32.71±0.44 ^d	18.25±0.48 ^a	-6.28±0.22 ^d	340.97±0.60 ^c	19.20±0.37 ^a
60%	26.21±0.59 ^e	18.45±0.55 ^b	-6.74±0.45 ^e	339.16±0.47 ^d	19.42±0.75 ^a

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน ในแนวนองแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

จากภาพที่ 4-14 ตารางที่ 4-23 พบว่า หมัน โฉวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง มีสีม่วงถึงม่วงอ่อน และมีค่า L* อยู่ในช่วง 26.21 – 55.93 ค่า a* อยู่ในช่วง 15.05 – 18.45 ค่า b* อยู่ในช่วง (-1.58) – (-6.74) ค่า h° อยู่ในช่วง 339.16 – 354.06 องศา และค่า C* อยู่ในช่วง 15.14 – 19.42 โดยมีค่า L* และค่า b* น้อยกว่า แต่มีค่า a* ค่า h° และค่า C* มากกว่าหมัน โฉวที่ไม่มีการเติมแป้งมันเทศสีม่วงซึ่งทำจากแป้งสาลีล้วน (0%) และทั้งนี้พบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงมีผลให้ค่า L* ค่า b* และค่า h° ลดลง ส่วนค่า a* และค่า C* เพิ่มขึ้น

ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของหมัน โฉว

นำหมัน โฉวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 15 30 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง นำมาหาค่าปริมาตรจำเพาะ และวัดค่าความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่น แสดงผลดังตารางที่ 4-24

ตารางที่ 4-24 ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศ
สีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง

ปริมาณแป้ง มันเทศสีม่วง	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม.ต่อกรัม)	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	ความยืดหยุ่น (ร้อยละ)
0%	1.54±0.04 ^a	5.29±0.44 ^b	60.64±0.79 ^d
15%	1.47±0.03 ^b	3.54±0.19 ^d	69.64±0.24 ^c
30%	1.37±0.01 ^c	3.05±0.17 ^e	71.32±0.44 ^a
45%	1.14±0.03 ^d	4.69±0.21 ^c	71.66±0.14 ^a
60%	0.82±0.01 ^e	6.35±0.44 ^a	70.52±0.22 ^b

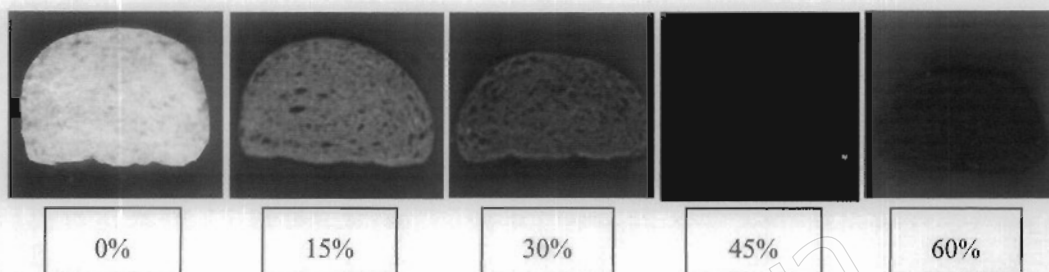
หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-24 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่น
จากผลวิจัยพบว่า หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 – 60
โดยน้ำหนักแป้ง มีปริมาตรจำเพาะอยู่ในช่วง 1.47 – 0.82 ลบ.ซม.ต่อกรัม ซึ่งมีค่าต่ำกว่าหมั่นโถว
ที่ไม่มีการเติมแป้งมันเทศสีม่วงซึ่งทำจากแป้งสาลีล้วน (0%) และพบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศ
สีม่วงมีผลให้ปริมาตรจำเพาะลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนในด้านความแน่นเนื้อ
พบว่า หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 และ 30 มีค่าความ
แน่นเนื้อเท่ากับ 3.54 และ 3.05 นิวตัน ซึ่งมีค่าต่ำกว่าหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (5.29 นิวตัน)
แต่เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงในปริมาณร้อยละ 45 และ 60 ส่งผลให้หมั่นโถวมีค่าความแน่น
เนื้อเพิ่มขึ้นเท่ากับ 4.69 และ 6.35 นิวตัน และด้านความยืดหยุ่น พบว่า หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศ
สีม่วงในปริมาณร้อยละ 15 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ในช่วงร้อยละ 69.64 – 71.66
ซึ่งมีค่าสูงกว่าหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (ร้อยละ 60.64) ทั้งนี้การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วง
จากปริมาณร้อยละ 15 30 และ 45 มีผลให้หมั่นโถวมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณแป้ง
มันเทศสีม่วงจนถึงร้อยละ 60 ทำให้หมั่นโถวมีค่าความยืดหยุ่นลดลง

การกระจายตัวของเซลล์อากาศในเนื้อหมั่นโถว

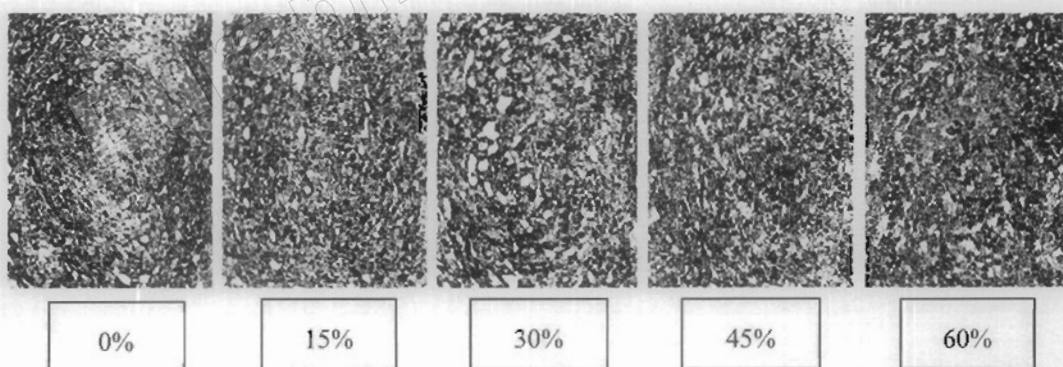
นำหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 0 15 30 45 และ
60 โดยน้ำหนักแป้ง มาวิเคราะห์หาจำนวนเซลล์อากาศต่อพื้นที่ (Cell density) พื้นที่เฉลี่ยของเซลล์
อากาศ (Mean cell area) และอัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่ของเนื้อหมั่นโถว (Cell- total

area ratio) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่าย (Image Analysis) ด้วยโปรแกรม UTHSCSA Image Tool for Windows Version 3.0 (Free program) แสดงผลดังภาพที่ 4-15 และ 4-16 และตารางที่ 4-25



ภาพที่ 4-15 ภาพตัดขวางของหมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง

จากภาพที่ 4-15 แสดงให้เห็นว่า หมันโถวที่ไม่มีการเติมแป้งมันเทศสีม่วงซึ่งทำจากแป้งสาลีล้วน (0%) มีการกระจายตัวของเซลล์อากาศในเนื้อหมันโถวอย่างสม่ำเสมอ ส่วนหมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงในปริมาณร้อยละ 15 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่ามีเซลล์อากาศที่มีขนาดใหญ่แทรกอยู่ส่งผลให้ความสม่ำเสมอของเซลล์อากาศลดน้อยลง



ภาพที่ 4-16 ลักษณะของเซลล์อากาศของหมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง

จากภาพที่ 4-16 แสดงให้เห็นว่า หมันโถวที่ไม่มีการเติมแป้งมันเทศสีม่วงซึ่งทำจากแป้งสาลีล้วน (0%) มีเซลล์อากาศที่แสดงโดยพื้นที่สีขาวกระจายอยู่ในเนื้อหมันโถวอย่างสม่ำเสมอ ส่วน

หมันโถที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงในปริมาณร้อยละ 15 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่ามีเซลล์อากาศขนาดใหญ่แทรกอยู่ภายในเนื้อหมันโถ

ตารางที่ 4-25 ลักษณะของเซลล์อากาศของหมันโถที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง

ปริมาณแป้ง มันเทศสีม่วง	จำนวนเซลล์อากาศ ต่อพื้นที่ (เซลล์ต่อ ตร.ซม.)	พื้นที่เฉลี่ยของ เซลล์อากาศ (ตร.มม.)	อัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศ ต่อพื้นที่ของเนื้อหมันโถ (ร้อยละ)
0%	36±4 ^d	0.32±0.02 ^c	47.88±0.86 ^b
15%	45±3 ^{bc}	0.36±0.02 ^b	49.82±0.67 ^a
30%	40±4 ^{cd}	0.43±0.04 ^a	49.41±0.81 ^a
45%	47±5 ^b	0.29±0.02 ^c	46.26±0.63 ^c
60%	55±4 ^a	0.29±0.03 ^c	42.93±0.46 ^d

หมายเหตุ^{a,b,c,d} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-25 แสดงผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของเซลล์อากาศของหมันโถที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี จากผลวิจัยพบว่า หมันโถที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง มีจำนวนเซลล์อากาศต่อพื้นที่ (Cell density) อยู่ในช่วง 40 – 55 เซลล์ต่อ ตร.ซม. มีค่าสูงกว่าหมันโถที่ไม่มีการเติมแป้งมันเทศสีม่วงซึ่งทำจากแป้งสาลีล้วน (0%) มีจำนวนเซลล์อากาศต่อพื้นที่เท่ากับ 36 เซลล์ต่อ ตร.ซม. และเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงในปริมาณร้อยละ 15 เป็นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง มีผลให้จำนวนเซลล์อากาศต่อพื้นที่ลดลง แต่เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงในปริมาณร้อยละ 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง มีผลให้จำนวนเซลล์อากาศต่อพื้นที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาค่าพื้นที่เฉลี่ยของเซลล์อากาศ (Mean cell area) พบว่า หมันโถที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงในปริมาณร้อยละ 15 และ 30 โดยน้ำหนักแป้ง มีค่าพื้นที่เฉลี่ยของเซลล์อากาศเพิ่มมากขึ้นเท่ากับ 0.36 และ 0.43 ตร.มม. ซึ่งมีค่ามากกว่าหมันโถที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (0.32 ตร.มม.) และส่งผลให้มีค่าอัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่เนื้อหมันโถ (Cell-total area ratio) เพิ่มมากขึ้นเท่ากับร้อยละ 49.82 และ 49.41 แต่เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงในปริมาณร้อยละ 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง มีผลให้ค่าพื้นที่

เฉลี่ยของเซลล์อากาศลดลงต่ำสุด (0.29 ตร.มม.) และมีค่าอัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่เนื้อหมั่นโถวลดต่ำลงเท่ากับร้อยละ 46.26 และ 42.93 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน

ผลวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของหมั่นโถว

นำหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 15 30 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง นำมาวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity แสดงในรูปของค่า EC_{50} แสดงผลดังตารางที่ 4-26

ตารางที่ 4-26 ปริมาณฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง

ปริมาณแป้ง มันเทศสีม่วง	ฟีนอลิก (มิลลิกรัม GAE ต่อกรัม)	แอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อกรัม)	การกำจัดอนุมูล DPPH (EC_{50} , มิลลิกรัม ต่อมิลลิลิตร)
0%	0.47±0.09 ^d	0.21±0.04 ^c	400.25±9.61 ^a
15%	0.85±0.02 ^d	0.48±0.03 ^d	18.44±0.12 ^b
30%	3.40±0.35 ^c	0.81±0.01 ^c	8.51±0.40 ^c
45%	5.05±0.41 ^b	1.07±0.01 ^b	5.62±0.02 ^c
60%	6.27±0.43 ^a	1.36±0.02 ^a	4.75±0.03 ^c

หมายเหตุ^{a,b,c,d} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4-26 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหมั่นโถว พบว่า หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงในปริมาณร้อยละ 15 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง มีปริมาณฟีนอลิกอยู่ในช่วง 0.85 – 6.27 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง มีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ในช่วง 0.48 – 1.36 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH แสดงในรูปของค่า EC_{50} อยู่ในช่วง 18.44 – 4.75 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และสูงกว่าหมั่นโถวที่ไม่มีการเติมแป้งมันเทศสีม่วงซึ่งทำจากแป้งสาลีล้วน (0%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และทั้งนี้พบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วง มีผลให้

หมั่น โฉวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงมีปริมาณฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH เพิ่มขึ้นตามลำดับ

ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโฉว

ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโฉวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 15 30 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง แสดงผลดังตารางที่ 4-27

ตารางที่ 4-27 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโฉวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง

ปริมาณแป้ง มันเทศสีม่วง	คุณลักษณะ					ความชอบ รวม
	ลักษณะ ปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	
0%	6.87±0.86 ^b	6.53±0.90 ^b	5.27±0.91 ^c	5.40±0.77 ^c	5.40±0.67 ^c	5.70±0.88 ^d
15%	7.53±0.86 ^a	7.57±0.82 ^a	6.73±0.91 ^a	7.13±0.78 ^a	7.07±0.87 ^a	7.30±0.79 ^a
30%	7.00±0.87 ^b	6.90±0.84 ^b	6.87±0.86 ^a	7.13±0.90 ^a	7.30±0.75 ^a	7.33±0.84 ^a
45%	6.10±0.84 ^c	6.00±0.79 ^c	6.70±0.88 ^a	6.67±0.84 ^b	7.10±0.84 ^a	6.80±0.80 ^b
60%	5.40±0.81 ^d	5.23±0.86 ^d	6.20±0.89 ^b	6.47±0.86 ^b	6.30±0.75 ^b	6.27±0.74 ^c

หมายเหตุ ^{a,b,c,d} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

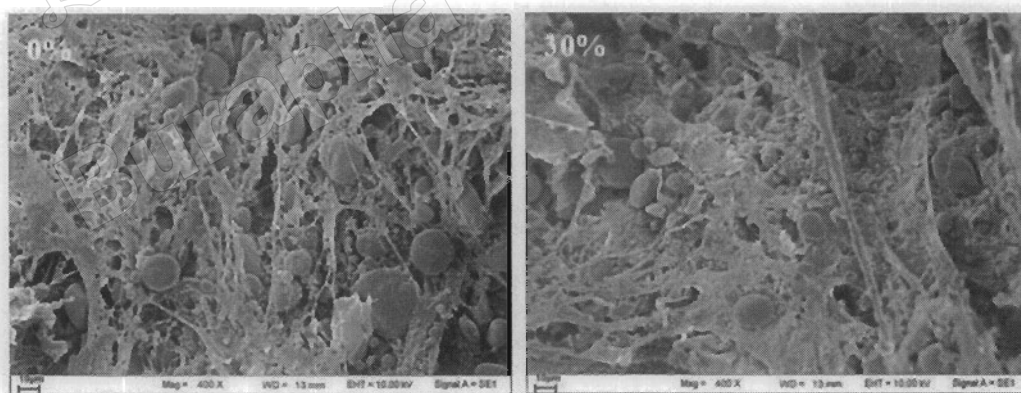
จากตารางที่ 4-27 แสดงผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโฉวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง จากผลวิจัยพบว่าหมั่นโฉวที่ไม่มีการเติมแป้งมันเทศสีม่วงซึ่งทำจากแป้งสาลีล้วน (0%) มีคะแนนความชอบในด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมต่ำสุด โดยหมั่นโฉวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงปริมาณร้อยละ 15 และ 30 โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบในด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงสุดโดยไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) มีคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 7.30 และ 7.33 คะแนนตามลำดับ และทั้งนี้พบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงทำให้คะแนนความชอบในทุกด้านของหมั่นโฉวมีแนวโน้มลดลง

ผลการคัดเลือกปริมาณแป้งมันเทศสีม่วง

จากผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า หนัมนั้ไอวที่ำจากแป้งมันเทศสีม่วงในปริมาณร้อยละ 15 และ 30 โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบรวมสูงสุดไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาสมบัตการด้านอนุลิสระของหนัมนั้ไอว พบว่า หนัมนั้ไอวที่ำจากแป้งมันเทศสีม่วงปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง มีปริมาณฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการด้านอนุลิสระสูงกว่าหนัมนั้ไอวที่ำจากแป้งมันเทศสีม่วงปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนักแป้ง ดังนั้นสรุปได้ว่า แป้งมันเทศสีม่วงในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการนำมาศึกษาในตอนท่ 3 ต่อไป

ผลการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของไอวและหนัมนั้ไอว

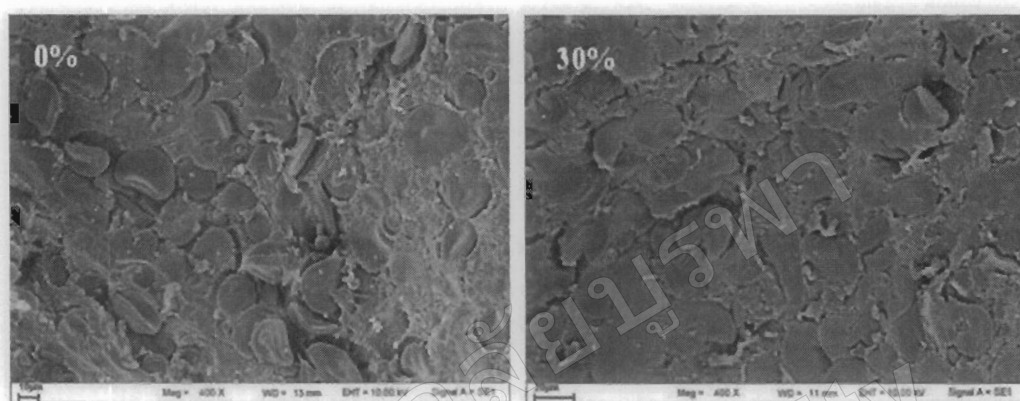
เพื่ออธิบายผลของการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง (30%) ซึ่งได้จากการคัดเลือก ที่มีคุณลักษณะ โครงสร้างของไอวและหนัมนั้ไอว และเปรียบเทียบกับหนัมนั้ไอวที่ไม่มีการเติมแป้งมันเทศสีม่วงซึ่งทำจากแป้งสาลีล้วน (0%) จึงนำไอวและหนัมนั้ไอวทั้งสองตัวอย่างมาตรวจสอบ โครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ที่กำลังขยาย 400 เท่า แสดงผลดังภาพที่ 4-17 และ 4-18



ภาพที่ 4-17 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 400 เท่า แสดงโครงสร้างของไอวที่ไม่มีการเติมแป้งมันเทศสีม่วงซึ่งทำจากแป้งสาลีล้วน (0%) และไอวที่ำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง (30%)

จากภาพที่ 4-17 แสดงให้เห็นว่า ไอวที่ำจากแป้งสาลีล้วนมีโครงข่ายกลูเตนปกคลุมเม็ดสตาร์ชข้าวสาลีทั้งขนาดใหญ่ (20 – 40 ไมโครเมตร) และขนาดเล็ก (5 – 10 ไมโครเมตร) ส่วนไอวที่

ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง มีองค์ประกอบของวัตถุละลายใน
 แทรกตัวอยู่ระหว่างโครงข่ายกลูเตนทำให้มีโครงข่ายที่ไม่ต่อเนื่อง นอกจากนั้นในระหว่างโครงข่าย
 กลูเตนพบว่ามีลักษณะของแผ่นเชื่อมระหว่างโครงข่ายกลูเตนที่ปกคลุมเม็ดสตาร์ชของแป้งสาลีอยู่



ภาพที่ 4-18 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 400 เท่า แสดงโครงสร้างของหมั่นโถวที่ไม่มีการ
 เติมน้ำแป้งมันเทศสีม่วงซึ่งทำจากแป้งสาลีล้วน (0%) และหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศ
 สีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง (30%)

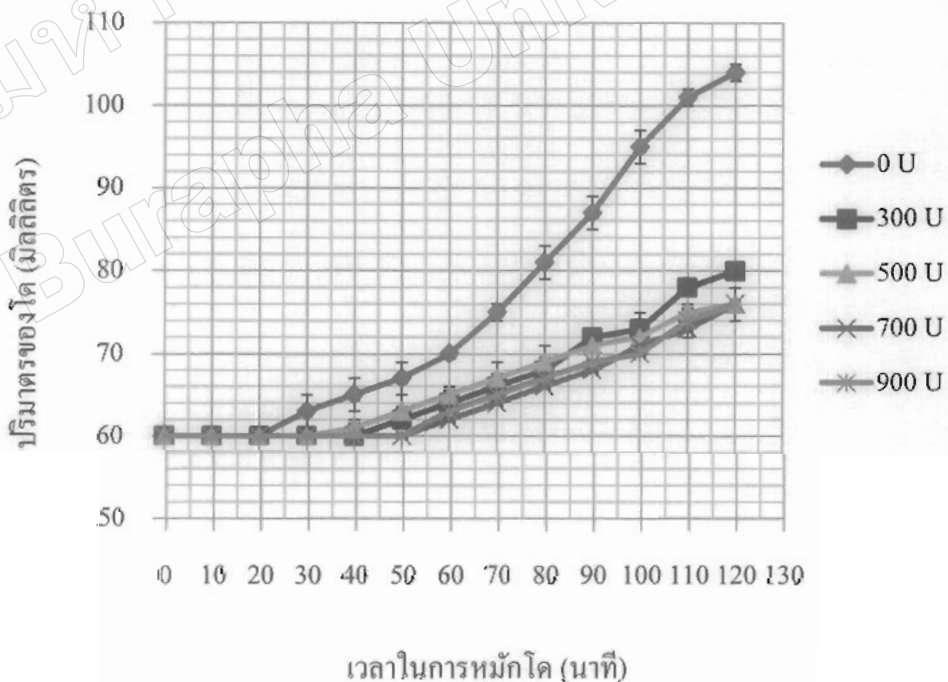
จากภาพที่ 4-18 พบว่า เมื่อให้ความร้อนส่งผลให้โครงสร้างของหมั่นโถวเปลี่ยนแปลง
 เม็ดสตาร์ชเกิดการระบายนํ้าในเซชันเกิดการพองตัวและสูญเสียสภาพ มีผลให้ลักษณะของ
 เม็ดสตาร์ชสูญเสียรูปร่างโดยมีรูปร่างแบนลง และทำให้เม็ดสตาร์ชบางส่วนสูญเสียโครงร่างไป
 โดยพบว่าหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง
 มีลักษณะเม็ดสตาร์ชอัดตัวกันแน่นกว่าหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน

ตอนที่ 3 ศึกษาผลของปริมาณเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ที่มีต่อคุณภาพของหมั่นโถว

เตรียม โดและหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30
 โดยน้ำหนักแป้ง ซึ่งได้จากการคัดเลือกในตอนที่ 2 และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (α -amylase)
 ในปริมาณที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0 300 500 700 และ 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม นำมา
 วิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโด และนำหมั่นโถวมาวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ
 และประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโค

เตรียมโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ปริมาณ 0 300 500 700 และ 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม โดยใช้ปริมาณน้ำซึ่งเป็นค่าการดูดซับน้ำ (Water absorption) ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องฟาริโนกราฟ (Farinograph) มีค่าเท่ากับร้อยละ 80 48 46 45 และ 45 โดยน้ำหนักแป้ง ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส มีผลให้ค่า Water absorption ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับโคที่ไม่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (0 U) แต่เมื่อนำค่าปริมาณน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องฟาริโนกราฟมาใช้ในการเตรียมโคและหมั่นโถว พบว่าโคและหมั่นโถวที่เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส มีผิวหน้าที่แตกมากจนทำให้ผลิตภัณฑ์แยกออกเป็นสองส่วน ดังนั้นจึงมีการเพิ่มปริมาณน้ำในสูตรที่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ปริมาณ 300 500 700 และ 900 ยูนิตต่อ น้ำหนักแป้ง 100 กรัม เท่ากันในทุกสูตรปริมาณ 5 กรัม ทำให้มีปริมาณน้ำเท่ากับร้อยละ 53 51 50 และ 50 โดยน้ำหนักแป้ง ตามลำดับ แล้วนำโคที่เตรียมได้มาวัดความสามารถในการแผ่ขยายของโค แสดงผลดังภาพที่ 4-19 และตารางที่ 4-28



ภาพที่ 4-19 ปริมาตร โคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 – 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม

ตารางที่ 4-28 ปริมาตรและอัตราการแผ่ขยายของโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี ปริมาณร้อยละ 30 และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 – 900 ยูนิตต่อ น้ำหนักแป้ง 100 กรัม

ปริมาณเอนไซม์	ปริมาตรโคที่เวลา 120 นาที (มิลลิลิตร)	อัตราการแผ่ขยาย (มิลลิลิตรต่อนาที)
0 U	104±2 ^a	0.37±0.02 ^a
300 U	80±2 ^b	0.17±0.02 ^b
500 U	76±2 ^c	0.13±0.02 ^c
700 U	76±2 ^c	0.13±0.02 ^c
900 U	76±2 ^c	0.13±0.02 ^c

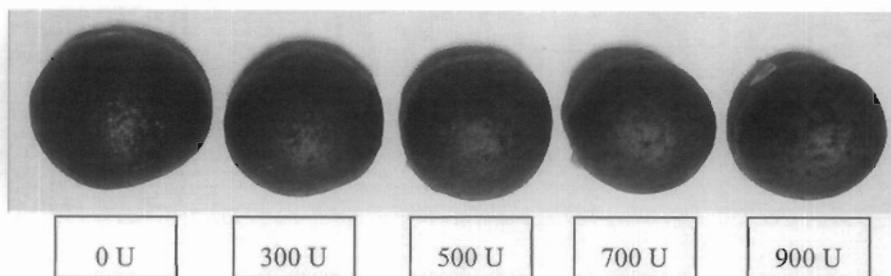
หมายเหตุ ^{a,b,c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากภาพที่ 4-19 และตารางที่ 4-28 แสดงผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโคที่เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 300 – 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม และเปรียบเทียบกับโคที่ไม่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (0 U) พบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการหมักส่งผลให้โคมีความสามารถในการแผ่ขยายเพิ่มขึ้น และพบว่าโคที่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 300 – 900 ยูนิต มีปริมาตรโคที่เวลา 120 นาที อยู่ในช่วง 76 – 80 มิลลิลิตร และมีอัตราการแผ่ขยายของโคอยู่ในช่วง 0.13 – 0.17 มิลลิลิตรต่อนาที ซึ่งมีค่าต่ำกว่าโคที่ไม่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และทั้งนี้พบว่า การเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ปริมาณ 300 ยูนิต ส่งผลให้ค่าปริมาตรโคที่เวลา 120 นาที และอัตราการแผ่ขยายของโคมีค่าสูงกว่าโคที่เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ปริมาณ 500 700 และ 900 ยูนิต ซึ่งมีปริมาตรโคที่เวลา 120 นาที และอัตราการแผ่ขยายของโคไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)

ผลวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของหมั่นโถว

ค่าสี (L^* a^* และ b^*) ของหมั่นโถว

นำหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 300 500 700 และ 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม แล้วนำมาวัดค่าสีและคำนวณค่า Hue angle (h°) และค่า Chroma (C^*) แสดงผลดังภาพที่ 4-20 และตารางที่ 4-29



ภาพที่ 4-20 ห่มน้โถวที่ทํากจากเป้่งมันเทศสีม่วงทดแทนเป้่งสาลีปรมาณร้อยละ 30 และเติมแอลฟา-อะไมเลส ในปรมาณ 0 – 900 ยูนิตต่อน้หนักเป้่ง 100 กรัม

ตารางที่ 4-29 คําสีของห่มน้โถวที่ทํากจากเป้่งมันเทศสีม่วงทดแทนเป้่งสาลีปรมาณร้อยละ 30 และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปรมาณ 0 – 900 ยูนิตต่อน้หนักเป้่ง 100 กรัม

ปรมาณเอนไซม์	L*	a*	b*	h°	C*
0 U	40.77±0.50 ^c	18.21±0.46 ^a	-4.94±0.23 ^d	344.82±0.64 ^d	18.86±0.38 ^a
300 U	43.80±0.50 ^b	17.93±0.22 ^b	-2.80±0.15 ^c	351.13±0.47 ^c	18.15±0.23 ^b
500 U	44.15±0.76 ^{ab}	17.80±0.19 ^b	-2.48±0.08 ^b	352.07±0.29 ^b	17.97±0.19 ^{bc}
700 U	44.48±0.42 ^a	17.71±0.23 ^b	-2.24±0.12 ^a	352.79±0.49 ^a	17.85±0.23 ^c
900 U	44.53±0.48 ^a	17.68±0.08 ^b	-2.21±0.10 ^a	352.87±0.24 ^a	17.82±0.09 ^c

หมายเหตุ^{a,b,c,...} หมายถึง คําสีที่มิตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากภาพที่ 4-20 และตารางที่ 4-29 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสี พบว่า ห่มน้โถวทุกตัวอย่างมีสีม่วงแดง โดยมีค่า L* อยู่ในช่วง 40.77 – 44.53 ค่า a* อยู่ในช่วง 17.68 – 18.21 ค่า b* อยู่ในช่วง (-4.94) – (-2.21) ค่า h° อยู่ในช่วง 344.82 – 352.87 องศา ห่มน้โถวที่เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส

ในปริมาณ 300 – 900 หน่วยต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม มีค่า L^* ค่า b^* และค่า h^* มากกว่า แต่มีค่า a^* และค่า C^* น้อยกว่าหมั่นโถวที่ไม่เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (0 U) และพบว่าการเพิ่มปริมาณเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ทำให้ค่าสีที่วัดได้ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)

ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของหมั่นโถว

นำหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 300 500 700 และ 900 หน่วยต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม นำมาหาค่าปริมาตรจำเพาะ และวัดค่าความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่น แสดงผลดังตารางที่ 4-30

ตารางที่ 4-30 ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 – 900 หน่วยต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม

ปริมาณเอนไซม์	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ชม.ต่อกรัม)	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	ความยืดหยุ่น (ร้อยละ)
0 U	1.35 ± 0.01^c	3.04 ± 0.05^c	70.12 ± 0.64^a
300 U	1.39 ± 0.02^b	5.07 ± 0.24^b	63.70 ± 0.44^b
500 U	1.45 ± 0.03^a	5.27 ± 0.23^a	62.04 ± 0.58^d
700 U	1.45 ± 0.02^a	5.44 ± 0.23^a	64.08 ± 0.52^b
900 U	1.46 ± 0.04^a	5.04 ± 0.22^b	62.56 ± 0.53^c

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-30 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นจากผลวิจัยพบว่า หมั่นโถวที่เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสในปริมาณ 300 – 900 หน่วยต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม มีการขยายขนาดในทางด้านบน (แกน y) มากขึ้นทำให้เกิดรูปทรงที่ดีและมีปริมาตรจำเพาะอยู่ในช่วง 1.39 – 1.45 ลบ.ชม.ต่อกรัม สูงกว่าหมั่นโถวที่ไม่เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (0 U) ซึ่งมีปริมาตรจำเพาะต่ำสุด (1.35 ลบ.ชม.ต่อกรัม) และมีการขยายขนาดทางด้านข้าง (แกน x) มากกว่าในแนวสูง (แกน y) โดยพบว่าการเพิ่มปริมาณเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส จาก 300 หน่วย เป็น 500 700 และ 900 หน่วย มีผลให้ค่าปริมาตรจำเพาะเพิ่มขึ้น โดยหมั่นโถวที่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-

อะไมเลส ในปริมาณ 500 700 และ 900 ยูนิต มีค่าปริมาตรจำเพาะไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ส่วนด้านความแน่นเนื้อ พบว่า หมั่นโถวที่เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 300 – 900 ยูนิต มีความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 5.04 – 5.44 นิวตัน ซึ่งมีค่าสูงกว่าหมั่นโถวที่ไม่มีการเติมเอนไซม์ (3.04 นิวตัน) และพบว่าหมั่นโถวที่เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 300 – 900 ยูนิต มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ในช่วงร้อยละ 62.04 – 64.08 ซึ่งต่ำกว่าหมั่นโถวที่ไม่มีการเติมเอนไซม์ที่มีค่าความยืดหยุ่นสูงสุดเท่ากับร้อยละ 70.12

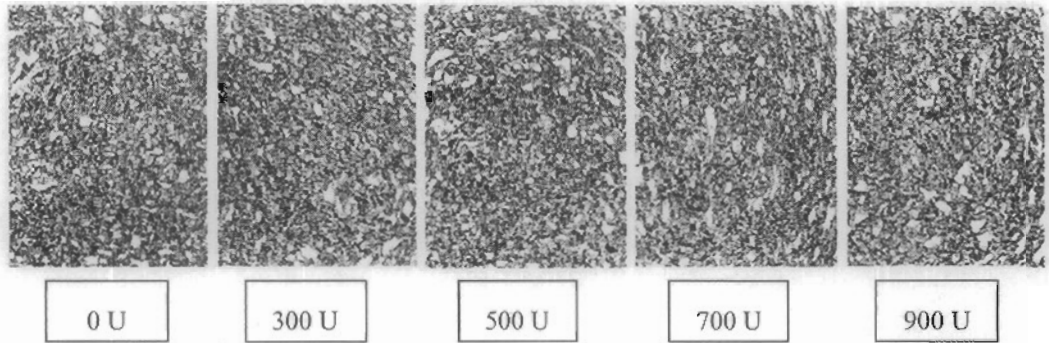
การกระจายตัวของเซลล์อากาศในเนื้อหมั่นโถว

นำหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก แป้ง และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 300 500 700 และ 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม นำมาวิเคราะห์หาจำนวนเซลล์อากาศต่อพื้นที่ (Cell density) พื้นที่เฉลี่ยของเซลล์อากาศ (Mean cell area) และอัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่เนื้อหมั่นโถว (Cell-total area ratio) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่าย (Image Analysis) ด้วยโปรแกรม UTHSCSA Image Tool for Windows Version 3.0 (Free program) แสดงผลดังภาพที่ 4-21 และ 4-22 และตารางที่ 4-31



ภาพที่ 4-21 ภาพตัดขวางของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 – 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม

จากภาพที่ 4-21 แสดงให้เห็นว่า หมั่นโถวที่ไม่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (0 U) และหมั่นโถวที่เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 300 – 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม มีการกระจายตัวของเซลล์อากาศไม่สม่ำเสมอ แต่พบว่าหมั่นโถวที่เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส มีเซลล์อากาศขนาดใหญ่แทรกอยู่ภายในเนื้อหมั่นโถวเป็นจำนวนมาก เมื่อเปรียบเทียบกับหมั่นโถวที่ไม่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส



ภาพที่ 4-22 ลักษณะของเซลล์อากาศของหมัน โถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี ปริมาณร้อยละ 30 และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 – 900 ยูนิต

จากภาพที่ 4-22 แสดงให้เห็นลักษณะของเซลล์อากาศที่แสดงโดยพื้นที่สีขาวที่กระจายอยู่ในเนื้อหมัน โถว พบว่า หมัน โถวที่ไม่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และหมัน โถวที่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 300 – 900 ยูนิตค่อนน้ำหนักแป้ง 100 กรัม มีลักษณะการกระจายตัวของเซลล์อากาศไม่สม่ำเสมอ โดยพบว่าหมัน โถวที่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส มีเซลล์อากาศขนาดใหญ่แทรกอยู่ภายในเนื้อหมัน โถวเป็นจำนวนมาก

ตารางที่ 4-31 ลักษณะของเซลล์อากาศของหมัน โถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี ปริมาณร้อยละ 30 และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 – 900 ยูนิตค่อนน้ำหนักแป้ง 100 กรัม

ปริมาณ เอนไซม์	จำนวนเซลล์อากาศ ต่อพื้นที่ (เซลล์ต่อ ตร.ซม.)	พื้นที่เฉลี่ยของ เซลล์อากาศ (ตร.มม.)	อัตราส่วนของพื้นที่เซลล์ อากาศต่อพื้นที่เนื้อหมัน โถว (ร้อยละ)
0 U	41±4 ^a	0.44±0.01 ^c	49.06±0.62 ^b
300 U	36±1 ^b	0.51±0.02 ^b	55.15±0.99 ^a
500 U	36±3 ^b	0.55±0.05 ^{ab}	55.47±0.99 ^a
700 U	33±2 ^b	0.56±0.05 ^{ab}	55.53±0.27 ^a
900 U	34±2 ^b	0.58±0.05 ^a	56.07±0.23 ^a

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

จากตารางที่ 4-31 แสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะของเซลล์อากาศของหมันโถว ซึ่งพบว่าหมันโถวที่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 300 – 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม มีจำนวนเซลล์อากาศต่อพื้นที่ (Cell density) ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 33 – 36 เซลล์ต่อ ตร.ซม. และมีค่าต่ำกว่าหมันโถวที่ไม่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (0 U) มีจำนวนเซลล์อากาศต่อพื้นที่สูงสุด (41 เซลล์ต่อ ตร.ซม.) และพบว่าหมันโถวที่เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 300 – 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม มีค่าพื้นที่เฉลี่ยของเซลล์อากาศ (Mean cell area) อยู่ในช่วง 0.51 – 0.58 ตร.มม. และมีค่าอัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่เนื้อหมันโถว (Cell-total area ratio) อยู่ในช่วงร้อยละ 55.15 – 56.07 และมีความไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) โดยมีค่าสูงกว่าหมันโถวที่ไม่เติมเอนไซม์ (0%) ซึ่งมีค่าพื้นที่เฉลี่ยของเซลล์อากาศเท่ากับ 0.44 ตร.มม. และมีค่าอัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่เนื้อหมันโถวเท่ากับร้อยละ 49.06

ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมันโถว

ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงปริมาณ 30 โดยน้ำหนักแป้ง และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 300 500 700 และ 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม แสดงผลดังตารางที่ 4-32

ตารางที่ 4-32 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 – 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม

ปริมาณเอนไซม์	คุณลักษณะ					
	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	สี ^{ns}	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
0 U	7.53±0.82	7.50±0.73	7.33±0.84	7.57±0.82	7.53±0.94 ^a	7.63±0.89 ^a
300 U	7.63±0.81	7.53±0.90	7.13±0.77	7.33±0.92	7.57±0.77 ^a	7.53±0.90 ^{ab}
500 U	7.53±0.90	7.50±0.90	7.17±0.91	7.50±0.90	7.23±0.90 ^{ab}	7.57±0.77 ^{ab}
700 U	7.43±0.90	7.43±0.93	7.03±0.81	7.37±0.81	7.00±0.87 ^b	7.20±0.89 ^b
900 U	7.43±0.77	7.50±0.68	7.03±0.72	7.43±0.77	7.10±0.84 ^b	7.20±0.80 ^b

หมายเหตุ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

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

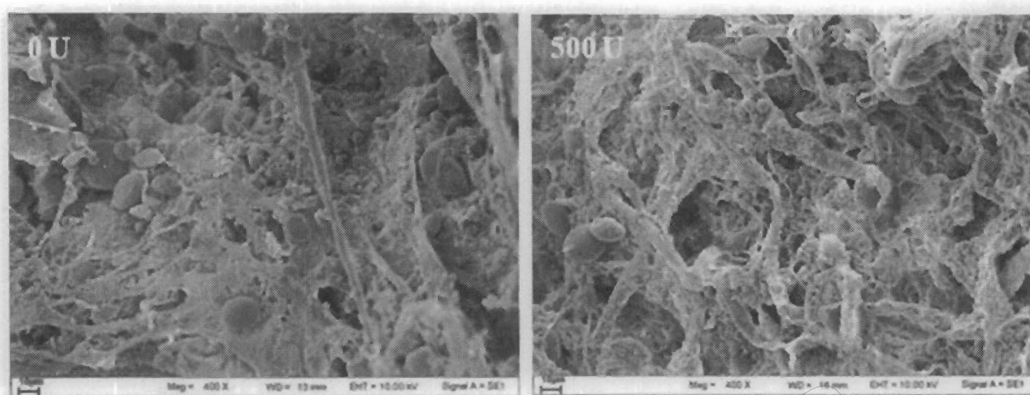
จากตารางที่ 4-32 แสดงผลประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 – 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม พบว่า หมั่นโถวทั้งหมดมีคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และรสชาติ ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้พบว่าหมั่นโถวที่ไม่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (0 U) และหมั่นโถวที่เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 300 และ 500 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงสุดโดยไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 7.63 7.53 และ 7.57 คะแนน

ผลการคัดเลือกปริมาณเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ที่เหมาะสมในการผลิตหมั่นโถว

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า หมั่นโถวที่ไม่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (0 U) และหมั่นโถวที่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 300 และ 500 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม มีความชอบรวมสูงสุดไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาผลทางด้านกายภาพ พบว่า หมั่นโถวที่มีการเติมเอนไซม์ในปริมาณ 500 ยูนิต มีปริมาตรจำเพาะสูงกว่าหมั่นโถวที่ไม่มีการเติมเอนไซม์ และที่เติมเอนไซม์ในปริมาณ 300 ยูนิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นจึงคัดเลือกเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 500 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม เพื่อนำมาใช้ศึกษาในตอนที่ 5 ต่อไป

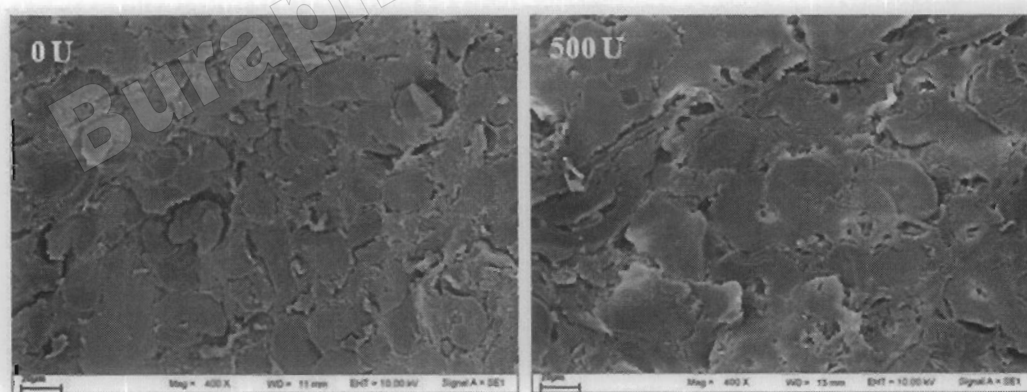
ผลการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของโคและหมั่นโถว

เพื่ออธิบายผลของการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ที่มีต่อลักษณะโครงสร้างของโคและหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี จึงนำโคและหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 500 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม (500 U) เปรียบเทียบกับโคและหมั่นโถวที่ไม่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (0 U) โดยนำมาตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ที่กำลังขยาย 400 เท่า แสดงผลดังภาพที่ 4-23 และ 4-24



ภาพที่ 4-23 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 400 เท่า แสดงโครงสร้างของโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง ที่ไม่เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (0 U) และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ปริมาณ 500 ยูนิตต่อ น้ำหนักแป้ง 100 กรัม (500 U)

จากภาพที่ 4-23 แสดงให้เห็นบริเวณผิวหน้าของเมมเบรนที่มีลักษณะขรุขระและเกิดรูเล็ก ๆ นอกจากนั้นยังพบว่าโครงสร้างที่คล้ายแผ่นบาง ๆ ที่เชื่อมอยู่ระหว่างโครงข่ายของกลูเตนที่ปกคลุมเมมเบรนอยู่หายไป เมื่อเปรียบเทียบกับโคที่ไม่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส



ภาพที่ 4-24 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 400 เท่า แสดงโครงสร้างของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง ที่ไม่เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (0 U) และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ปริมาณ 500 ยูนิตต่อ น้ำหนักแป้ง 100 กรัม (500 U)

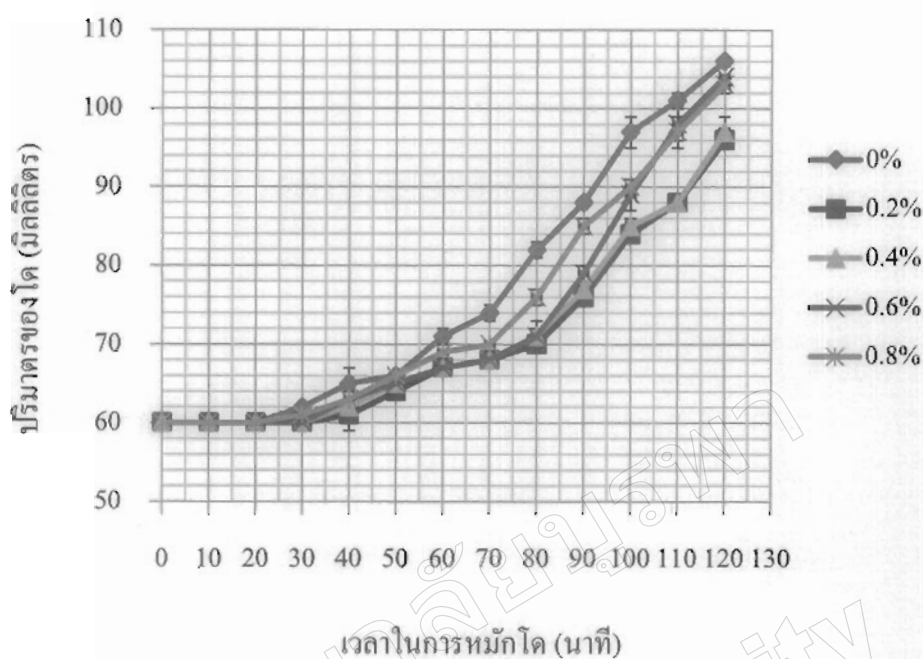
จากภาพที่ 4-24 แสดงให้เห็นว่า เม็ดสตาร์ชของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทั้งสองตัวอย่างเกิดการสูญเสียรูปร่าง โดยมีรูปร่างแบนลง และเม็ดสตาร์ชบางส่วนสูญเสียโครงร่างไป และพบว่าหมั่นโถวที่เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 500 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม จะเห็นเม็ดสตาร์ชขนาดใหญ่อัดตัวกันแน่น ทำให้เห็นช่องว่างระหว่างเม็ดสตาร์ชลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับหมั่นโถวที่ไม่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ที่ยังพบเห็นช่องว่างระหว่างเม็ดสตาร์ชอยู่บ้างและเม็ดสตาร์ชจะมีขนาดเล็กกว่าด้วย

ตอนที่ 4 ศึกษาผลของปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีต่อคุณภาพของหมั่นโถว

เตรียมโดและหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง ซึ่งได้จากการคัดเลือกในตอนที่ 2 และมีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethylcellulose, CMC) ในปริมาณที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0 0.2 0.4 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง แล้ววิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโด นำหมั่นโถวมานำวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ และประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโด

เตรียมโดและหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ในปริมาณร้อยละ 0 0.2 0.4 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง โดยใช้ปริมาณน้ำที่ได้จากค่าการดูดซับน้ำ (Water absorption) ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องฟาริโนกราฟ (Farinograph) เท่ากับร้อยละ 80 81 82 83 และ 83 โดยน้ำหนักแป้ง ตามลำดับ แล้วนำโดที่เตรียมได้มาวัดความสามารถในการแผ่ขยายของโด แสดงผลดังภาพที่ 4-25 และตารางที่ 4-33



ภาพที่ 4-25 ปริมาตรโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0–0.8 โดยน้ำหนักแป้ง

ตารางที่ 4-33 ปริมาตรและอัตราการแผ่ขยายของโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0–0.8 โดยน้ำหนักแป้ง

ปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	ปริมาตรโคที่เวลา 120 นาที (มิลลิลิตร)	อัตราการแผ่ขยายของโค (มิลลิลิตรต่อนาที)
0%	106±2 ^a	0.38±0.02 ^a
0.2%	96±2 ^b	0.30±0.02 ^b
0.4%	96±4 ^b	0.30±0.03 ^b
0.6%	104±2 ^a	0.37±0.02 ^a
0.8%	102±2 ^a	0.35±0.02 ^a

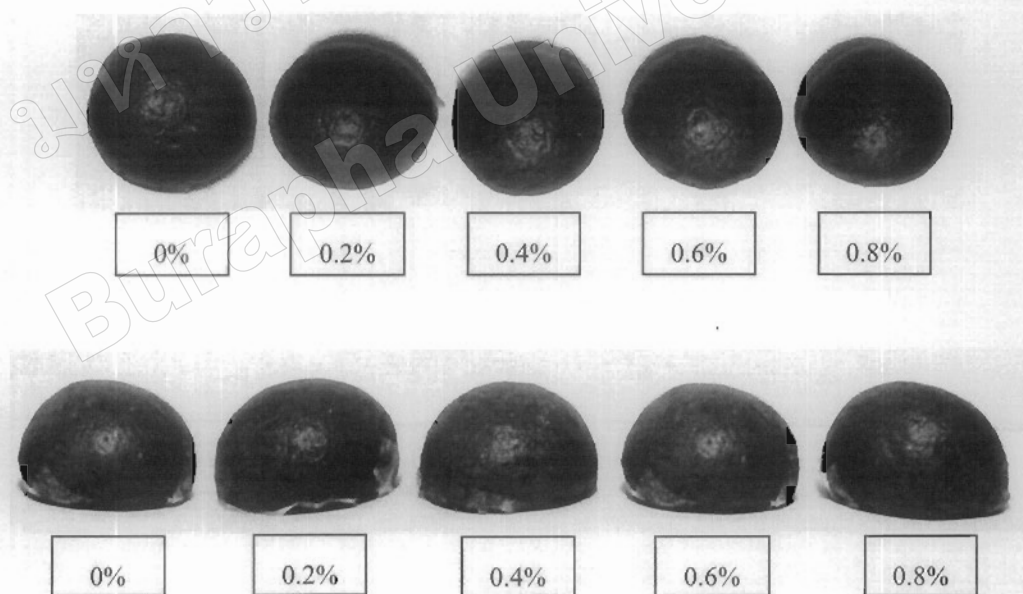
หมายเหตุ ^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากภาพที่ 4-25 และตารางที่ 4-33 แสดงผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโคที่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง จากผลวิจัยพบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการหมักส่งผลให้โคมีความสามารถในการแผ่ขยายเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากร้อยละ 0 เป็น 0.2 และ 0.4 โดยน้ำหนักแป้ง มีผลให้ปริมาตรโคที่เวลา 120 นาที และอัตราการแผ่ขยายของโคลดต่ำลง และเมื่อเพิ่มปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นร้อยละ 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง มีผลให้ปริมาตรโคที่เวลา 120 นาที และอัตราการแผ่ขยายของโคสูงสุดโดยไม่แตกต่างกับโคที่ไม่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (0%)

ผลวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของหมั่นโถว

ค่าสี (L^* a^* และ b^*) ของหมั่นโถว

นำหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0 0.2 0.4 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง มาวัดค่าสีและคำนวณค่า Hue angle (h°) และค่า Chroma (C^*) แสดงผลดังภาพที่ 4-26 และตารางที่ 4-34



ภาพที่ 4-26 หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง

ตารางที่ 4-34 ค่าสีของหมัน ไถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง

ปริมาณคาร์บอกซี เมทิลเซลลูโลส	L* ^{ns}	a*	b* ^{ns}	h° ^{ns}	C*
0%	40.81±0.47	18.14±0.53 ^a	-4.85±0.25	345.04±0.59	18.76±0.30 ^a
0.2%	40.71±0.65	17.52±0.15 ^b	-4.83±0.39	344.55±0.69	18.14±0.20 ^b
0.4%	40.72±0.36	17.37±0.20 ^{bc}	-4.62±0.38	344.89±0.44	17.80±0.26 ^c
0.6%	40.79±0.64	17.24±0.16 ^{bc}	-4.63±0.32	344.96±0.39	17.84±0.21 ^c
0.8%	41.15±0.34	17.20±0.22 ^c	-4.61±0.12	345.00±0.34	17.81±0.44 ^c

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

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

จากภาพที่ 4-26 และตารางที่ 4-34 แสดงการวิเคราะห์ค่าสีของหมัน ไถว จากการสังเกตพบว่าหมัน ไถวทั้งหมดมีสีม่วง โดยหมัน ไถวที่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง มีค่า L* อยู่ในช่วง 40.71 – 41.15 มีค่า b* อยู่ในช่วง (-4.61) – (-4.85) และมีค่า h° อยู่ในช่วง 345.04 – 344.55 องศา ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่พบว่าหมัน ไถวที่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0.2 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง มีค่า a* อยู่ในช่วง 17.20 – 17.52 และค่า C* อยู่ในช่วง 17.80 – 18.14 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าหมัน ไถวที่ไม่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (0%) และทั้งนี้พบว่าหมัน ไถวที่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0.4 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง มีค่า a* และค่า C* ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)

ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของหมันไถว

นำหมัน ไถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ในปริมาณร้อยละ 0 0.2 0.4 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง นำมาหาค่าปริมาตรจำเพาะ และวัดค่าความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่น แสดงผลดังตารางที่ 4-345

ตารางที่ 4-35 ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศ
สีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสใน
ปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง

ปริมาณคาร์บอกซี เมทิลเซลลูโลส	ปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ชม.ต่อกรัม)	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	ความยืดหยุ่น (ร้อยละ)
0%	1.37±0.01 ^a	3.07±0.09 ^{ab}	70.12±0.53 ^b
0.2%	1.11±0.03 ^d	3.01±0.14 ^{ab}	69.96±0.51 ^b
0.4%	1.16±0.02 ^c	3.12±0.35 ^a	70.08±0.70 ^b
0.6%	1.27±0.03 ^b	2.91±0.16 ^b	71.36±0.40 ^a
0.8%	1.25±0.04 ^b	2.99±0.12 ^{ab}	71.42±0.55 ^a

หมายเหตุ ^{a,b,c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-35 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่น
ของหมั่นโถว จากผลวิจัยพบว่า หมั่นโถวที่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0.2 – 0.8
โดยน้ำหนักแป้ง มีปริมาตรจำเพาะอยู่ในช่วง 1.11 – 1.27 ลบ.ชม.ต่อกรัม มีค่าต่ำกว่าหมั่นโถวที่ไม่
มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (0%) และพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสทำให้
ปริมาตรจำเพาะของหมั่นโถวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อย
ละ 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง มีผลให้หมั่นโถวมีค่าปริมาตรจำเพาะไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) และ
สูงกว่าหมั่นโถวที่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0.2 และ 0.4 ตามลำดับ ส่วน
ด้านความแน่นเนื้อ พบว่า หมั่นโถวทุกตัวอย่างมีค่าความแน่นเนื้อใกล้เคียง โดยหมั่นโถวที่มีการเติม
คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0.2 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง มีค่าความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง
2.91 – 3.12 นิวตัน ส่วนหมั่นโถวที่ไม่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ
3.07 นิวตัน และด้านความยืดหยุ่นพบว่า หมั่นโถวที่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ
0.2 และ 0.4 มีความยืดหยุ่นไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) กับหมั่นโถวที่ไม่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส
และพบว่า การเพิ่มปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสทำให้หมั่นโถวมีค่าความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น
โดยหมั่นโถวที่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0.6 และ 0.8 มีความยืดหยุ่นสูงสุด
เท่ากับร้อยละ 71.36 และ 71.42 ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)

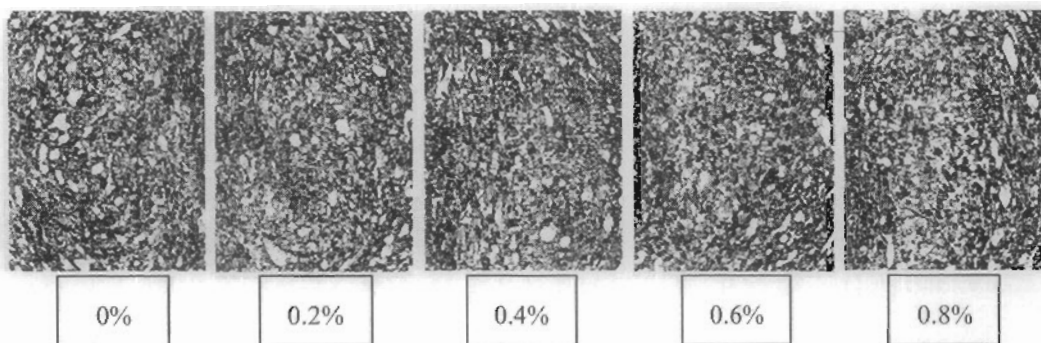
การกระจายตัวของเซลล์อากาศในเนื้อหมันโถว

นำหมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0 0.2 0.4 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง มาวิเคราะห์หาจำนวนเซลล์อากาศต่อพื้นที่ (Cell density) พื้นที่เฉลี่ยของเซลล์อากาศ (Mean cell area) และอัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่เนื้อหมันโถว (Cell-total area ratio) ใช้เทคนิควิเคราะห์ภาพถ่าย (Image Analysis) ด้วยโปรแกรม UTHSCSA Image Tool for Windows Version 3.0 (Free program) แสดงผลดังภาพที่ 4-27 และ 4-28 และตารางที่ 4-36



ภาพที่ 4-27 ภาพตัดขวางของหมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง

จากภาพที่ 4-27 แสดงให้เห็นว่า หมันโถวที่ไม่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (0%) และหมันโถวที่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ในปริมาณร้อยละ 0.2 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง มีการกระจายตัวของเซลล์อากาศในเนื้อหมันโถวไม่สม่ำเสมอ โดยมีเซลล์อากาศขนาดใหญ่แทรกอยู่ภายในเนื้อหมันโถวเป็นจำนวนมาก



ภาพที่ 4-28 ลักษณะของเซลล์อากาศของหมัน โฉวจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 และเติมคาร์บอนซีเมนต์ซิลิกาปริมาณร้อยละ 0–0.8 โดยน้ำหนักแป้ง

จากภาพที่ 4-28 แสดงให้เห็นว่า ลักษณะของเซลล์อากาศแสดงโดยพื้นที่สีขาวที่กระจายอยู่ในเนื้อหมัน โฉว พบว่า หมัน โฉวที่ไม่มีการเติมคาร์บอนซีเมนต์ซิลิกา (0%) และหมัน โฉวที่มีการเติมคาร์บอนซีเมนต์ซิลิกา ในปริมาณร้อยละ 0.2 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง มีลักษณะเซลล์อากาศที่กระจายตัวอยู่ไม่สม่ำเสมอ และมีเซลล์อากาศขนาดใหญ่แทรกอยู่ภายในเนื้อหมัน โฉว

ตารางที่ 4-36 ลักษณะของเซลล์อากาศของหมัน โฉวจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 และเติมคาร์บอนซีเมนต์ซิลิกาปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง

ปริมาณคาร์บอนซีเมนต์ซิลิกา	จำนวนเซลล์อากาศต่อพื้นที่ (เซลล์ต่อ ตร.ซม.)	พื้นที่เฉลี่ยของเซลล์อากาศ ^{ns} (ตร.มม.)	อัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่ของเนื้อหมัน โฉว ^{ns} (ร้อยละ)
0%	40±3 ^b	0.42±0.03	49.44±0.77
0.2%	48±4 ^a	0.37±0.03	48.98±0.73
0.4%	49±1 ^a	0.40±0.06	48.74±0.75
0.6%	45±4 ^{ab}	0.42±0.06	48.59±0.56
0.8%	51±5 ^a	0.39±0.02	48.30±0.85

หมายเหตุ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

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

จากตารางที่ 4-36 แสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะของเซลล์อากาศของหมันโถว พบว่าหมันโถวที่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0.2 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง มีจำนวนเซลล์อากาศต่อพื้นที่ (Cell density) อยู่ในช่วง 45 – 51 เซลล์ต่อ ตร.ซม. ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) และมีค่าสูงกว่าหมันโถวที่ไม่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (0%) ซึ่งจำนวนเซลล์อากาศต่อพื้นที่เท่ากับ 40 เซลล์ต่อ ตร.ซม. และพบว่าหมันโถวทั้งหมดมีค่าพื้นที่เฉลี่ยของเซลล์อากาศอยู่ในช่วง 0.37 – 0.42 ตร.มม. และมีค่าอัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่เนื้อของหมันโถวอยู่ในช่วงร้อยละ 48.30 – 49.44 ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)

ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมันโถว

ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0 0.2 0.4 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง แสดงผลดังตารางที่ 4-37

ตารางที่ 4-37 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง

ปริมาณคาร์บอกซี เมทิลเซลลูโลส	คุณลักษณะ					ความชอบ รวม ^{ns}
	ลักษณะ ปรากฏ ^{ns}	สี ^{ns}	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส ^{ns}	
0%	7.30±0.84	7.16±0.83	7.10±0.84	7.17±0.98	7.23±0.86	7.37±0.85
0.2%	7.23±0.73	7.17±0.70	6.93±0.83	7.03±0.85	7.03±0.81	7.30±0.75
0.4%	7.10±0.88	7.20±0.80	7.00±0.83	7.00±0.87	7.23±0.81	7.30±0.75
0.6%	7.33±0.76	7.43±0.86	6.76±0.86	6.97±0.85	7.13±0.77	7.20±0.71
0.8%	7.30±0.70	7.30±0.88	6.90±0.84	7.06±0.78	7.07±0.74	7.20±0.76

หมายเหตุ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

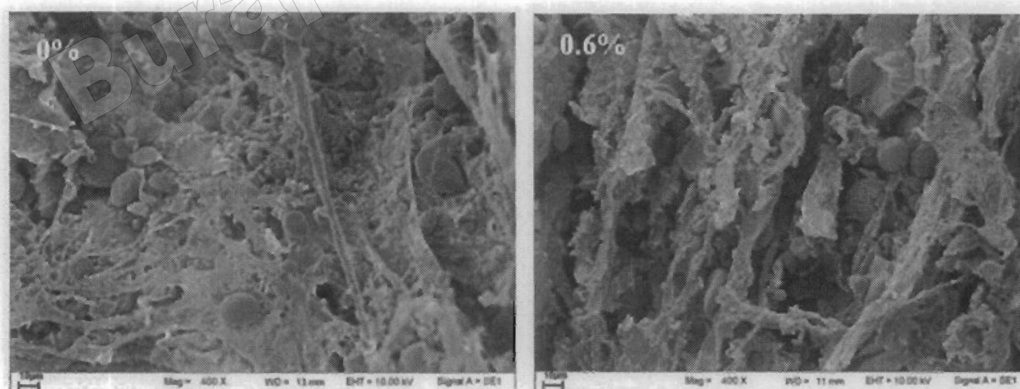
จากตารางที่ 4-37 แสดงผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมันโถวที่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ในปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่า หมันโถวทุกตัวอย่างมีคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมที่ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบรวมอยู่ในช่วง 7.20 – 7.37 คะแนน

ผลการคัดเลือกปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่เหมาะสมในการผลิตหมั้นโถว

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า หมั้นโถวทั้งหมดมีความชอบรวมไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาผลทางกายภาพของหมั้นโถว พบว่า หมั้นโถวที่ไม่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีปริมาตรจำเพาะสูงสุด (1.37 ลบ.ซม.ต่อกรัม) รองลงมาคือ หมั้นโถวที่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง มีปริมาตรจำเพาะเท่ากับ 1.27 และ 1.25 ลบ.ซม.ต่อกรัม ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ดังนั้นจึงคัดเลือกคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนักแป้ง เพื่อเป็นตัวแทนของสูตรที่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ในส่วนผสม โดยนำมาใช้ศึกษาในตอนต่อไป เนื่องจากใช้ปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่น้อยกว่า 0.8 แต่ให้คุณลักษณะที่ไม่แตกต่างกัน

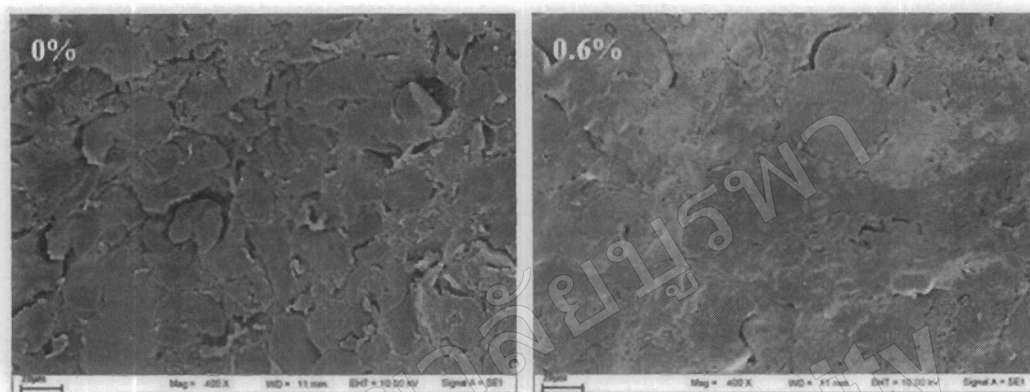
ผลการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของโคและหมั้นโถว

เพื่ออธิบายผลของการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีต่อลักษณะโครงสร้างของโคและหมั้นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี จึงนำโคและหมั้นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนักแป้ง (0.6%) เปรียบเทียบกับโคและหมั้นโถวที่ไม่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (0%) โดยนำมาตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ที่กำลังขยาย 400 เท่า แสดงผลดังภาพที่ 4-29 และ 4-30



ภาพที่ 4-29 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 400 เท่า แสดงโครงสร้างของโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง ที่ไม่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (0%) และที่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนักแป้ง (0.6%)

จากภาพที่ 4-29 แสดงให้เห็นว่า โคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่มีการเติมคาร์บอนซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนักแป้ง มีช่องขนาดใหญ่ภายในโครงข่ายของกลูเตน โดยมีเม็ดสตาร์ชแทรกอยู่ภายในช่องว่าง ซึ่งแตกต่างจากโครงสร้างโคที่ไม่เติมคาร์บอนซีเมทิลเซลลูโลส (0%) ที่ยังเห็นลักษณะโครงข่ายของกลูเตน และแผ่นฟิล์มบาง ๆ ปกคลุมเม็ดสตาร์ชอยู่



ภาพที่ 4-30 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 400 เท่า แสดง โครงสร้างของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง ที่ไม่มีการเติมคาร์บอนซีเมทิลเซลลูโลส (0%) และที่เติมคาร์บอนซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนักแป้ง (0.6%)

จากภาพที่ 4-30 แสดงให้เห็นว่า เมื่อให้ความร้อนส่งผลให้โครงสร้างของหมั่นโถวเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยเม็ดสตาร์ชเกิดเจลาติไนเซชัน แยกออกและสูญเสียสภาพ ส่งผลให้เม็ดสตาร์ชที่แตกออกเกิดการจับเรียงตัวกันอย่างหนาแน่น และเชื่อมต่อนเป็นเนื้อเดียวกัน ในขณะที่หมั่นโถวที่ไม่มีการเติมคาร์บอนซีเมทิลเซลลูโลสยังพบช่องว่างระหว่างเม็ดสตาร์ชที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันอยู่

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของหมั่นโถว

นำหมั่นโถวที่ได้จากการคัดเลือก ได้แก่ หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง (PF30) ซึ่งได้จากการคัดเลือกในตอนต้นที่ 2 หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง และมีการเติมมอนไฮร์แอลฟา-อะไมเลส ปริมาณ 500 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม (PF30 + ENZ) ซึ่งได้จากการคัดเลือกในตอนต้นที่ 3 และหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง และเติมคาร์บอนซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนักแป้ง (PF30 + CM4C) ที่ได้

จากการคัดเลือกในตอนที่ 4 แล้วนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ เปรียบเทียบกับหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหมั่นโถว

นำหมั่นโถวที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น (Moisture) โปรตีน (Protein) ไขมัน (Fat) คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) เถ้า (Ash) และเส้นใยอาหาร (Total dietary fiber) เปรียบเทียบกับหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0) แสดงผลดังตารางที่ 4-38

ตารางที่ 4-38 องค์ประกอบทางเคมีของหมั่นโถวในสูตรต่าง ๆ

หมั่นโถว	ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ, โดยน้ำหนักฐานแห้ง)				
		โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า	เส้นใย อาหาร
PF0	32.25±0.15 ^c	9.22±0.16 ^a	5.29±0.17 ^b	84.65±0.01 ^b	0.83±0.00 ^c	2.77±0.17 ^c
PF30	44.92±0.15 ^b	5.56±0.17 ^c	5.56±0.08 ^b	87.50±0.07 ^a	1.38±0.03 ^b	4.62±0.25 ^b
PF30 + ENZ	55.82±0.15 ^a	6.36±0.13 ^b	7.78±0.16 ^a	83.91±0.31 ^c	1.94±0.02 ^a	8.21±0.52 ^a
PF30 + CMC	45.06±0.01 ^b	5.78±0.17 ^c	5.33±0.18 ^b	87.47±0.01 ^a	1.42±0.00 ^b	5.59±0.38 ^b

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

จากตารางที่ 4-38 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหมั่นโถว จากผลวิจัยพบว่า หมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0) มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทุกตัวอย่าง (PF30, PF30 + ENZ และ PF30 + CMC) ซึ่งพบว่าหมั่นโถวสูตร PF30 + ENZ มีปริมาณความชื้นสูงสุด และพบว่าหมั่นโถวสูตร PF 30 และสูตร PF30 + CMC มีปริมาณความชื้นต่ำสุดไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน พบว่าหมั่นโถวสูตร PF 0 มีปริมาณโปรตีนสูงสุด รองลงมาคือ หมั่นโถวสูตร PF30 + ENZ โดยหมั่นโถวสูตร PF 30 และสูตร PF30 + CMC มีปริมาณโปรตีนต่ำสุดโดยไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้พบว่าหมั่นโถวสูตร PF30 + ENZ มีปริมาณไขมันสูงสุด โดยหมั่นโถวสูตร PF0 สูตร PF30 และสูตร PF30 + CMC มีปริมาณไขมันต่ำสุดไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) เมื่อคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่า หมั่นโถวสูตร PF30 และสูตร PF30 + CMC มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงสุดไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) รองลงมาคือ หมั่นโถวสูตร PF0 และหมั่นโถวสูตร PF30 + ENZ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำสุด ทั้งนี้พบว่าหมั่นโถวที่ทำ

จากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในทุกตัวอย่าง (PF30, PF30 + ENZ และ PF30 + CMC) มีปริมาณเถ้าและเส้นใยอาหารสูงกว่าหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน โดยหมั่นโถวสูตร PF30 + ENZ มีปริมาณเถ้าและเส้นใยอาหารสูงสุด

ผลการวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของหมั่นโถว

นำหมั่นโถวที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity ในรูปของค่า EC_{50} เปรียบเทียบกับหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0) แสดงผลดังตารางที่ 4-39

ตารางที่ 4-39 ปริมาณฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหมั่นโถวในสูตรต่าง ๆ

หมั่นโถว	ฟีนอลิก (มิลลิกรัม GAE ต่อกรัม)	แอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อกรัม)	การกำจัดอนุมูล DPPH (EC_{50} มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
PF0	0.47 ± 0.07^c	0.22 ± 0.46^b	402.66 ± 7.92^a
PF30	3.15 ± 0.40^b	0.78 ± 0.03^a	8.81 ± 0.22^b
PF30 + ENZ	6.53 ± 0.14^a	0.78 ± 0.02^a	7.51 ± 0.03^b
PF30 + CMC	3.15 ± 0.39^b	0.78 ± 0.02^a	10.18 ± 0.04^b

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

จากตารางที่ 4-39 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ จากผลวิจัยพบว่า หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในทุกตัวอย่าง (PF30, PF30 + ENZ และ PF30 + CMC) มีปริมาณฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH สูงกว่าหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (PF0) และทั้งนี้พบว่าหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงในทุกสูตรมีปริมาณแอนโทไซยานินไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่พบว่าหมั่นโถวสูตร PF30 + ENZ มีปริมาณฟีนอลิกและมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH สูงกว่าหมั่นโถวสูตร PF30 และหมั่นโถวสูตร PF30 + CMC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)