บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

การทดลองที่ 1 การศึกษาวิธีการกักเก็บกลิ่นแป้งลูกตาลหมักที่เหมาะสม

การทดลองที่ 1.1 การศึกษาชนิดของสารกักเก็บกลิ่นที่เหมาะสม

การทดลองนี้เป็นการศึกษาชนิดของสารกักเก็บกลิ่นที่เหมาะสม โดยทดสอบประสิทธิภาพของที่ใช้ในการสารกักเก็บกลิ่น 3 ชนิด คือ มอลโตเดกซ์ตริน ไซโคลเดกซ์ตริน และกัมอะราบิก เปรียบเทียบกับแป้งลูกตาลหมักที่ไม่ได้เติมสารกักเก็บกลิ่น (ชุดควบคุม) ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆของแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ได้จากการศึกษาชนิดของสารกักเก็บกลิ่นที่เหมาะสม

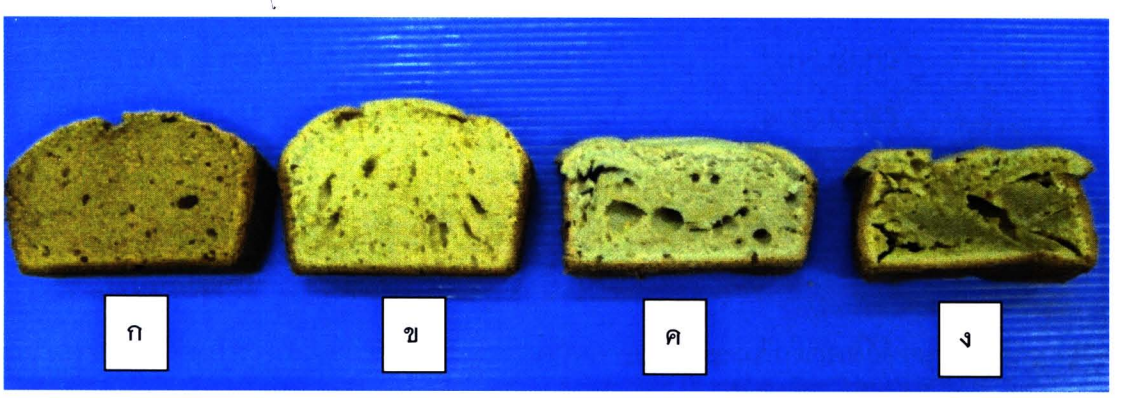
คุณภาพ	ชุดควบคุม	มอลโตเดกซ์ตริน	ไซโคลเดกซ์ตริน	กัมอะราบิก
ด้านประสาทสัมผัส				
(คะแนนเต็ม 9 คะแนน)				
สี	4.92 ± 1.38^{a}	6.67 ± 0.89^{b}	5.08 ± 1.51^{a}	6.50 ± 1.38^{b}
กลิ่น	5.58 ± 2.07^{b}	5.67 ± 1.23^{b}	3.42 ± 1.51^{a}	5.92 ± 1.24^{b}
ด้านกายภาพ				
ค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw)	0.27 ± 0.01^{b}	0.42 ± 0.01^{d}	0.36 ± 0.03^{c}	0.17 ± 0.01^{a}
ค่าสี L	57.49 ± 0.32^{a}	74.07 ± 0.63^{c}	80.28 ± 0.07^{d}	66.67 ± 0.12^{b}
ค่าสี a*	6.61 ± 0.12^{d}	3.23 ± 0.82^{b}	-0.82 ± 0.09^{a}	4.48 ± 0.13^{c}
ค่าสี b*	24.50 ± 0.41^{b}	27.17 ± 0.55^{c}	16.37 ± 0.05^{a}	28.09 ± 0.10^{d}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.1 พบว่า เมื่อนำผลวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบด้านสีของแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้มอลโตเดกซ์ตริน และกัมอะราบิกเป็นสารกักเก็บกลิ่นมากกว่าแป้งลูกตาลหมักชนิดผงชุดควบคุม และเนื้อตาลหมักผงที่ใช้ไซโคลเดกซ์ตรินเป็นสารกักเก็บกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นของแป้งลูกตาลหมัก

ชนิดผงที่ใช้ไซโคลเดกซ์ตรินเป็นสารกักเก็บกลิ่นน้อยกว่าแป้งลูกตาลหมักชนิดผงชุดควบคุม แป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้มอลโตเดกซ์ตรินและกัมอะราบิกเป็นสารกักเก็บกลิ่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพด้านค่ากิจกรรมของน้ำ ค่าสี L a* และ b* ของเนื้อตาลหมักผงที่ได้จากการใช้สารกักเก็บกลิ่นชนิดต่างๆ พบว่ามีความแตกต่างกันไปตามชนิดของสารกักเก็บกลิ่นที่ใช้

จากนั้นนำตัวอย่างแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ได้ไปผลิตเป็นเค้กตาลตามวิธีการผลิตต้นแบบ และสุ่มตัวอย่างเค้กตาลที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale (ไพโรจน์, 2545) จากนั้นนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสถิติ เพื่อหาชนิดของสารกักเก็บกลิ่นที่เหมาะสม ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 เค้กตาลที่ได้จากการกักเก็บกลิ่นโดยใช้สารชนิดต่างๆ
ก) ชุดควบคุม ข) มอลโตเดกซ์ตริน ค) ไซโคลเดกซ์ตริน และ ง) กัมอะราบิก

จากภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้ไซโคลเดกซ์ตริน และกัมอะราบิกเป็นสารกักเก็บกลิ่น มีลักษณะภายนอกไม่น่ารับประทาน ดังนั้นจึงเลือกเฉพาะเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงชุดควบคุม และแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้มอลโตเดกซ์ตรินเป็นสารกักเก็บกลิ่น มาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆต่อไป แสดงผลดังตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กตาลที่ได้จากการศึกษาชนิดของสารกักเก็บกลิ่นที่เหมาะสม (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

คุณภาพ	ชุดควบคุม	มอลโตเดกซ์ตริน
สี	4.70±1.64[a]	6.80±1.23[b]
กลิ่นตาล	6.80±0.92	6.70±0.82
การขึ้นฟู	5.30±1.70	6.00±1.25
ความนุ่ม	6.00±1.15	6.50±0.97
ความชุ่ม	6.10±1.10	6.60±0.52
เนื้อสัมผัส	5.90±1.45	6.70±0.48
รสหวาน	5.40±1.96	6.40±0.52
รสชาติโดยรวม	5.10±1.97[a]	6.60±0.52[b]
การยอมรับโดยรวม	4.40±1.71[a]	6.80±0.63[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของเค้กตาลที่ได้จากการศึกษาชนิดของสารกักเก็บกลิ่นที่เหมาะสม

คุณภาพ	ชุดควบคุม	มอลโตเดกซ์ตริน
ค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw)	0.88±0.01	0.89±0.05
ค่าสี L	54.18±0.17[a]	58.83±0.16[b]
ค่าสี a*	5.19±0.12[a]	3.68±0.09[b]
ค่าสี b*	22.72±0.16[a]	24.08±0.33[b]
ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	0.65±0.11	0.68±0.17
ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)	3.57±0.15	3.51±0.16

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นตาล การขึ้นฟู ความนุ่มเนื้อสัมผัส และรสหวานของเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่เค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้มอลโตเดกซ์ตรินเป็นสารกักเก็บกลิ่นมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี รสชาติ และการยอมรับโดยรวมมากกว่าเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และจากตารางที่ 4.3 พบว่า เค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงทั้งสองชนิดมีค่ากิจกรรมของน้ำ ค่าความหนาแน่น และค่าแรงเฉือนไม่แตกต่างกัน แต่มีคุณภาพทางด้านค่าสี L a* และ b* แตกต่างกัน ($p\leq0.05$) ดังนั้นจึงเลือกใช้มอลโตเดกซ์ตรินเป็นสารกักเก็บกลิ่นในการทดลองต่อไป เนื่องจากผู้บริโภคให้คะแนนความชอบทางด้านสี รสชาติ และการยอมรับโดยรวมมากกว่ากว่าเค้กตาลที่ได้จากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงชุดควบคุม

การทดลองที่ 1.2 การศึกษาปริมาณสารกักเก็บกลิ่นที่เหมาะสม

การทดลองนี้จะศึกษาปริมาณสารกักเก็บกลิ่นที่เหมาะสมที่คัดเลือกได้จากการทดลองที่ 1.1 คือ มอลโตเดกซ์ตริน โดยผันแปรปริมาณของมอลโตเดกซ์ตรินต่อเนื้อลูกตาลหมักที่ระดับร้อยละ 60, 70, 80 และ 90 จากนั้นนำแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.4

เมื่อนำผลวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ (จากตารางที่ 4.4) คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีและค่ากิจกรรมของน้ำของผงตาลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน ($p\leq0.05$) แต่คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ค่าสี L a* และ b* มีความแตกต่างกันไปตามปริมาณของมอลโตเดกซ์ตรินที่ใช้

จากนั้นนำตัวอย่างแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ได้ไปผลิตเป็นเค้กตามวิธีการผลิตต้นแบบและสุ่มตัวอย่างเค้กตาลที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale (ไพโรจน์, 2545) จากนั้นนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสถิติ เพื่อหาปริมาณของมอลโตเดกซ์ตรินที่เหมาะสม ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ ของแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ได้จากการศึกษาปริมาณของมอลโตเดกซ์ตรินที่เหมาะสม

คุณภาพ	ปริมาณของมอลโตเดกซ์ตริน (ร้อยละ)			
	60	70	80	90
ด้านประสาทสัมผัส				
(คะแนนเต็ม 9 คะแนน)				
สี	5.70±0.95	6.30±0.48	6.10±1.20	6.10±1.85
กลิ่น	5.50±1.43^{ab}	6.20±0.92^{b}	5.70±1.06^{ab}	4.90±0.99^{a}
ด้านกายภาพ				
ค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw)	0.342±0.003	0.349±0.022	0.408±0.068	0.372±0.013
ค่าสี L	73.15±1.57^{a}	78.26±0.12^{b}	78.98±0.35b^{c}	80.36±0.69^{c}
ค่าสี a*	4.39±0.19^{a}	3.91±0.02^{b}	2.91±0.11^{c}	0.85±0.10^{d}
ค่าสี b*	33.22±1.01^{b}	33.30±0.09^{b}	32.27±0.17^{b}	27.06±0.60^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กตาลที่ได้จากการศึกษาปริมาณของมอลโตเดกซ์ตรินที่เหมาะสม (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

คุณภาพ	ปริมาณของมอลโตเดกซ์ตริน (ร้อยละ)			
	60	70	80	90
สี	5.90±1.10^{b}	6.20±0.92^{b}	6.30±1.34^{b}	5.60±1.43^{a}
กลิ่นตาล	6.00±0.94	5.70±0.95	5.60±1.17	5.70±1.83
การขึ้นฟู	4.90±1.20^{a}	4.90±1.45^{a}	5.60±1.90^{b}	5.40±1.71^{b}
ความนุ่ม	5.30±1.42^{a}	5.90±0.88^{b}	5.90±1.45^{b}	6.10±1.26^{b}
ความชุ่ม	5.90±1.52	5.50±1.18	5.70±1.70	5.40±2.01
เนื้อสัมผัส	6.00±1.15	5.60±1.26	5.20±1.87	5.70±1.64
รสหวาน	6.40±0.70	6.10±0.74	6.20±1.23	6.40±1.07
รสชาติโดยรวม	6.30±1.06	6.20±0.79	6.60±1.35	6.60±0.70
การยอมรับโดยรวม	5.90±1.20	5.70±1.06	5.90±1.89	5.70±1.83

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.5 พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นตาล ความชุ่ม เนื้อสัมผัส รสหวาน รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ได้จากการแปรผันปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินไม่มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) แต่เค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้มอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 90 มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีน้อยกว่าเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงสูตรอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่ชอบเค้กตาลที่มีสีเหลืองนวล แต่เค้กตาลที่ใช้แป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่มีส่วนผสมของมอลโตเดกซ์ตรินมากจะมีสีค่อนข้างคล้ำ เนื่องจากหากมีการเติมมอลโตเดกซ์ตรินลงไปในส่วนผสมมากจะทำให้สารละลายที่ได้เกิดความขุ่นจากสีของมอลโตเดกซ์ตริน (อัคกะบัทคาน, 2540) และเมื่อนำไปผลิตเป็นเค้กตาลจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีค่อนข้างคล้ำ ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ส่วนเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้มอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 80 และ 90 มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความฟูของผลิตภัณฑ์มากกว่าเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้มอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 60 และ 70 และเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้มอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 60 มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าเค้กตาลสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของเค้กตาลที่ได้จากการศึกษาปริมาณของมอลโตเดกซ์ตรินที่เหมาะสม

คุณภาพ	ปริมาณของมอลโตเดกซ์ตริน (ร้อยละ)			
	60	70	80	90
ค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw)	0.943±0.011	0.954±0.013	0.950±0.008	0.947±0.013
ค่าสี L	57.29±0.36^{a}	57.71±0.31^{ab}	60.90±0.12^{c}	57.45±0.35^{b}
ค่าสี a*	4.02±0.14^{b}	3.92±0.05^{b}	2.94±0.22^{a}	2.82±0.12^{a}
ค่าสี b*	22.58±0.32^{b}	21.99±0.36^{b}	23.70±0.29^{c}	20.56±0.31^{a}
ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	0.49±0.06^{ab}	0.58±0.03^{b}	0.48±0.06^{a}	0.49±0.04^{ab}
ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)	1.27±0.07^{a}	1.43±0.20^{a}	1.58±0.10^{b}	1.55±0.10^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 พบว่า เค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงทั้ง 4 สูตรมีค่ากิจกรรมของน้ำไม่แตกต่างกัน แต่จะมีคุณภาพทางด้านค่าสี L a* b* ค่าความหนาแน่น และแรงเฉือนแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกใช้ปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินในการผลิตแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ร้อยละ 80 ในการทดลองต่อไป เนื่องจากเมื่อนำแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ได้จากการใช้ปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินในการผลิตที่ร้อยละ 80 ไปทำเค้กตาลตามวิธีการผลิตต้นแบบ ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบทางด้านสี ความฟู และความนุ่มมากกว่าเค้กตาลที่ใช้ปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินที่ร้อยละ 60, 70 และ 90

การทดลองที่ 2 การศึกษากระบวนการผลิตแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่เหมาะสม

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาวิธีการอบแห้งเนื้อลูกตาลหมักที่เหมาะสม

การทดลองนี้จะเป็นการศึกษากระบวนผลิตแป้งลูกตาลหมักชนิดผง โดยการเปรียบเทียบวิธีการอบแห้ง 3 วิธีการ ได้แก่ การอบแห้งแบบถาดด้วยลมร้อน (Hot air oven) การอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryers) และการอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryers) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างเนื้อตาลหมักต่อมอลโตเดกซ์ตรินที่ได้จากการทดลองที่ 1.2 คือ ร้อยละ 20 ต่อ 80 ได้ผลดังตารางที่4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ ของแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ได้จากการศึกษาวิธีการอบแห้งเนื้อลูกตาลหมักที่เหมาะสม

คุณภาพ	วิธีการอบแห้ง		
	แบบถาด	แบบพ่นฝอย	แบบลูกกลิ้ง
ด้านประสาทสัมผัส			
(คะแนนเต็ม 9 คะแนน)			
สี	4.80 ± 0.92^{a}	7.10 ± 1.10^{b}	7.30 ± 1.16^{b}
กลิ่น	4.40 ± 2.50^{a}	5.0 ± 1.51^{ab}	6.30 ± 1.57^{b}
ด้านกายภาพ			
ค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw)	0.358 ± 0.009^{b}	$0.267 \pm .001^{a}$	0.278 ± 0.008^{a}
ค่าสี L	77.17 ± 0.26^{b}	84.88 ± 0.01^{c}	74.35 ± 0.01^{a}
ค่าสี a*	6.78 ± 0.05^{b}	3.62 ± 0.01^{a}	6.81 ± 0.03^{b}
ค่าสี b*	22.35 ± 0.26^{a}	27.91 ± 0.01^{b}	29.38 ± 0.27^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำผลวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ (ตารางที่ 4.7) พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ค่ากิจกรรมของน้ำ ค่าสี L a* และ b* ของแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ได้จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากนั้นนำตัวอย่างแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ได้ไปผลิตเป็นเค้กตาลตามวิธีการผลิตต้นแบบ และสุ่มตัวอย่างเค้กตาลที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale (ไพโรจน์, 2545) จากนั้นนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสถิติ เพื่อหาวิธีการอบเนื้อตาลหมักที่เหมาะสม ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กตาลที่ได้จากการศึกษาวิธีการอบแห้งเนื้อลูกตาลหมักที่เหมาะสม (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

คุณภาพ	วิธีการอบแห้ง		
	แบบถาด	แบบพ่นฝอย	แบบลูกกลิ้ง
สี	6.40±1.43	6.50±0.85	5.60±1.17
กลิ่นตาล	6.00±1.41	6.50±0.85	6.10±0.88
ความฟู	6.90±1.52^{b}	6.00±1.56^{ab}	5.00±1.49^{a}
ความนุ่ม	7.10±0.99^{b}	6.80±1.14^{b}	5.60±1.43^{a}
ความชุ่ม	7.00±1.49	6.40±1.84	5.70±1.42
เนื้อสัมผัส	6.50±1.65	6.70±1.57	5.60±1.26
รสหวาน	6.70±1.42	6.80±1.69	5.80±1.14
รสชาติโดยรวม	6.30±1.64	6.40±1.26	5.70±1.16
การยอมรับโดยรวม	6.40±1.65	6.40±1.07	5.90±1.45

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.8 พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นตาล ความชุ่ม เนื้อสัมผัส รสหวาน รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ได้จากการอบทั้ง 3 แบบไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่เค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้วิธีการอบแบบลูกกลิ้งมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความฟูน้อยกว่าเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้วิธีการอบแบบถาดและแบบพ่นฝอย ส่วนเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้วิธีการอบแบบลูกกลิ้งมีคุณภาพทาง

ประสาทสัมผัสด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้วิธีการอบแบบถาดและพ่นฝอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยวิธีการอบแบบถาดให้เค้กตาลที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความฟูและความนุ่มมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากวิธีการอบพ่นฝอย

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของเค้กตาลที่ได้จากการศึกษาวิธีการอบแห้งเนื้อลูกตาลหมักที่เหมาะสม

คุณภาพ	วิธีการอบแห้ง		
	แบบถาด	แบบพ่นฝอย	แบบลูกกลิ้ง
ค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw)	0.955 ± 0.008^{b}	0.925 ± 0.024^{ab}	0.911 ± 0.019^{a}
ค่าสี L	53.57 ± 0.52^{c}	48.51 ± 0.31^{a}	51.41 ± 0.49^{b}
ค่าสี a*	4.26 ± 0.31^{a}	4.56 ± 0.04^{ab}	5.25 ± 0.58^{b}
ค่าสี b*	15.84 ± 0.50^{a}	16.38 ± 0.46^{ab}	17.35 ± 0.48^{b}
ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	0.41 ± 0.03^{a}	0.59 ± 0.17^{ab}	0.65 ± 0.08^{b}
ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)	1.68 ± 0.09	1.54 ± 0.21	1.54 ± 0.12

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.9 พบว่า เค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงทั้ง 3 สูตร มีค่าแรงเฉือนไม่แตกต่างกัน แต่มีคุณภาพทางด้านค่ากิจกรรมของน้ำ ค่าสี L a* b* และค่าความหนาแน่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ได้จากการอบทั้ง 3 แบบ พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีและกลิ่นของแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ได้การจากอบแบบพ่นฝอยและแบบลูกกลิ้งมากกว่าการอบแบบถาด แต่เมื่อพิจารณาร่วมกับคุณภาพของเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงทั้ง 3 แบบ พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความฟูและความนุ่มของเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้วิธีการอบแบบถาดและแบบพ่นฝอยมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการอบแบบพ่นฝอยในการผลิตแป้งลูกตาลหมักชนิดผงในการทดลองต่อไป เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าวิธีการอบแบบถาด

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาสภาวะการอบแห้งเนื้อลูกตาลหมักที่เหมาะสม

การทดลองนี้จะนำวิธีการอบแห้งที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 2.1 คือ การอบแห้งแบบพ่นฝอย มาศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสม โดยผันแปรอุณหภูมิขาเข้าของผลิตภัณฑ์ของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 170, 180 และ 190 องศาเซลเซียส ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.10, 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ ของแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ได้จากการศึกษาสภาวะการอบแห้งเนื้อลูกตาลหมักที่เหมาะสม

คุณภาพ	อุณหภูมิการอบแห้ง (องศาเซลเซียส)		
	170	180	190
ด้านประสาทสัมผัส			
(คะแนนเต็ม 9 คะแนน)			
สี	7.30±0.67^{b}	6.70±0.82^{b}	5.30±1.06^{a}
กลิ่น	5.90±1.45	5.80±1.14	6.00±1.25
ด้านกายภาพ			
ค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw)	0.234±0.004^{b}	0.185±0.07^{a}	0.312±0.003^{c}
ค่าสี L	79.34±0.06^{b}	77.27±0.01^{a}	83.21±0.91^{c}
ค่าสี a*	5.13±0.10^{b}	5.33±0.07^{b}	2.43±0.17^{a}
ค่าสี b*	31.01±0.03^{c}	29.38±0.18^{b}	25.20±0.15^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.10 พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ค่ากิจกรรมของน้ำ ค่าสี L a* และ b* ของเนื้อตาลหมักผงที่ได้มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิขาเข้าของการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ 17o และ 180 องศาเซลเซียส จะได้แป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีมากที่สุด

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กตาลที่ได้จากการศึกษาสภาวะการอบแห้งเนื้อลูกตาลหมักที่เหมาะสม (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

คุณภาพ	อุณหภูมิการอบแห้ง (องศาเซลเซียส)		
	170	180	190
สี	6.90±0.99	6.30±1.16	6.80±0.79
กลิ่นตาล	6.40±1.26	6.00±1.41	6.30±1.49
การขึ้นฟู	6.90±1.10	6.10±1.20	6.20±0.92
ความนุ่ม	6.90±0.88	6.80±1.03	6.40±1.43
ความชุ่ม	6.50±0.97	6.40±1.51	6.20±1.32
เนื้อสัมผัส	6.60±0.84	6.40±1.43	6.60±1.43
รสหวาน	6.80±0.63	6.60±0.70	6.80±0.63
รสชาติโดยรวม	6.60±1.17	6.30±1.16	6.50±1.43
การยอมรับโดยรวม	6.60±1.17	6.30±1.25	6.20±1.62

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของเค้กตาลที่ได้จากการศึกษาสภาวะการอบแห้งเนื้อลูกตาลหมักที่เหมาะสม

คุณภาพ	อุณหภูมิการอบแห้ง (องศาเซลเซียส)		
	170	170	170
ค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw)	0.946±0.178	0.910±0.068	0.942±0.117
ค่าสี L	56.78 ± 1.50^{b}	51.88 ± 1.27^{a}	55.68 ± 2.56^{b}
ค่าสี a*	4.27 ± 0.17^{b}	5.19 ± 0.18^{c}	3.29 ± 0.13^{a}
ค่าสี b*	18.96±0.44	17.26±0.59	17.49±1.28
ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	0.59±0.14	0.62±0.08	0.61±0.09
ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)	3.13 ± 0.178^{b}	2.91 ± 0.068^{a}	2.82 ± 0.117^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กตาล (ตารางที่ 4.11) พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่กำหนดอุณหภูมิขาเข้าทั้ง 3 อุณหภูมิไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) และจากตารางที่ 4.12 พบว่า เค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่กำหนดอุณหภูมิขาเข้าทั้ง 3 อุณหภูมิ มีค่ากิจกรรมของน้ำ ค่าความหนาแน่น และค่าสี b* ไม่แตกต่างกัน แต่มีคุณภาพทางด้านแรงเฉือน ค่าสี L และ a* แตกต่างกัน ($p\leq0.05$) โดยที่เค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้อุณหภูมิขาเข้าของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 170 องศาเซลเซียส มีค่าแรงเฉือนมากกว่าเค้กตาลที่ผลิตจากเนื้อตาลหมักผงที่ใช้อุณหภูมิขาเข้าของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 180 และ190 องศาเซลเซียส และเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้อุณหภูมิขาเข้าของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 180 องศาเซลเซียส มีค่าสี L น้อยกว่าเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้อุณหภูมิขาเข้าของผลิตภัณฑ์เท่ากับ170 และ 190 องศาเซลเซียส และเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้อุณหภูมิขาเข้าของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 170 องศาเซลเซียส มีค่าสี b* มากกว่าเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้อุณหภูมิขาเข้าของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 180 และ190 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และจากการศึกษาผลผลิตของแป้งลูกตาลหมักชนิดผง (Yield) ที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ใช้อุณหภูมิขาเข้าของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 170, 180 และ 190 องศาเซลเซียส จะได้ปริมาณแป้งลูกตาลหมักชนิดผงเท่ากับร้อยละ 3.62, 3.72 และ 3.68 ตามลำดับ เนื่องจากคุณภาพในด้านต่างๆ ของแป้งลูกตาลหมักชนิดผงและเค้กตาลที่ได้จากการทดลองนี้ มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้น จึงเลือกใช้วิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิขาเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 180 องศาเซลเซียส สำหรับการทดลองต่อไป เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่ให้ผลผลิตของแป้งลูกตาลหมักชนิดผง (Yield) มากที่สุด

การทดลองที่ 3 การศึกษากระบวนการผลิตแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เหมาะสม

การทดลองที่ 3.1 การหาวิธีการผลิตเค้กตาลสำเร็จรูปที่เหมาะสม

การทดลองนี้จะทำการเปรียบเทียบวิธีการเตรียมแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 คือ การใส่แป้งลูกตาลหมักชนิดผงลงไปในขั้นตอนการอบแป้งเค้กตาลด้วยลมร้อน และวิธีที่ 2 คือ การใส่แป้งลูกตาลหมักชนิดผงลงไปในขั้นตอนการอบเค้กด้วยคลื่นไมโครเวฟ (ตามสูตรและวิธีการผลิตในบทที่ 3) ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.13 และ 4.14

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กตาลที่ได้จากการศึกษาวิธีการผลิตแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เหมาะสม (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

คุณภาพ	การอบแห้ง	
	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2
สี	5.80±1.03	5.70±1.06
กลิ่นตาล	6.50±1.43	6.30±1.64
การขึ้นฟู	5.30±1.77	5.20±1.03
ความนุ่ม	6.50±1.51	6.10±1.52
ความชุ่มฉ่ำ	6.60±1.17	5.70±0.95
เนื้อสัมผัส	6.40±1.26	5.80±1.14
รสหวาน	6.20±1.55	5.90±1.10
รสชาติโดยรวม	6.10±1.37	5.60±0.97
การยอมรับโดยรวม	6.40±1.26[a]	5.40±1.07[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของเค้กตาลที่ได้จากการศึกษาวิธีการผลิตแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เหมาะสม

คุณภาพ	การอบแห้ง	
	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2
ค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw)	0.934±0.007	0.936±0.026
ค่าสี L	49.19±0.54	49.36±0.70
ค่าสี a*	2.33±0.05[a]	1.70±0.26[b]
ค่าสี b*	15.02±0.32[a]	15.36±0.66[b]
ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	0.56±0.04	0.56±0.03
ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)	4.18±0.12[a]	3.91±0.09[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.13 พบว่า เมื่อนำผลวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ คุณภาพทางประสาทสัมผัสส่วนใหญ่ของเค้กตาลที่ผลิตจากทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของเค้กตาล ที่ผลิตจากวิธีที่ 1 มีค่ามากกว่าเค้กตาลที่ผลิตจากวิธีที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่คะแนนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสทุกๆ ด้านของเค้กตาลที่ผลิตจากวิธีที่ 1 จะมีค่ามากกว่าเค้กตาลที่ผลิตจากวิธีที่ 2 และจากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของเค้กตาลที่ได้จากการศึกษาวิธีการผลิตแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เหมาะสม (ตารางที่ 4.14) พบว่าค่ากิจกรรมของน้ำ ค่าสี L และค่าความหนาแน่นของเค้กตาลที่ได้จากวิธีการผลิตทั้ง 2 วิธีไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่ค่าสี a* และค่าแรงเฉือนของเค้กตาล ที่ผลิตจากวิธีที่ 1 มีค่ามากกว่าเค้กตาลที่ผลิตจากวิธีที่ 2 อีกทั้งค่าสี b* ของเค้กตาลที่ผลิตจากวิธีที่ 1 มีค่าน้อยกว่าเค้กตาลที่ผลิตจากวิธีที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังนั้นจึงเลือกวิธีการที่ 1 คือ การใส่แป้งลูกตาลหมักชนิดผงลงไปในขั้นตอนการอบแป้งเค้กด้วยลมร้อนในการผลิตเค้กตาลสำเร็จรูป เนื่องจากผู้บริโภคให้การยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสมากกว่าวิธีที่ 2 คือ การใส่เนื้อตาลหมักผงลงไปในขั้นตอนการอบเค้กด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดยมีวิธีการผลิตที่เหมาะสมดังนี้

ส่วนผสมแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปต้นแบบ

แป้งเค้ก	400	กรัม
แป้งลูกตาลหมักชนิดผง	**200**	**กรัม**
อีซี 25 เค	30	กรัม
นมข้นจืด	240	มิลลิลิตร
เนย	200	กรัม
น้ำตาล	200	กรัม
น้ำมะนาว	13	มิลลิลิตร
เกลือ	2	กรัม

วิธีทำแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปต้นแบบ

- ร่อนแป้งเค้ก และผงตาล เข้าด้วยกัน พักไว้
- นำนมข้นจืดผสมกับน้ำมะนาว พักไว้
- ตีเนยสดในเครื่องผสม (Kitchen aid) ให้อ่อนตัว เติมอีซี 25 เค ผสมจนเข้ากันดี จากนั้นเติมนม แป้ง น้ำตาล และเกลือ ตามลำดับ ผสมด้วย

ความเร็วต่ำ 30 วินาที เพื่อให้ส่วนผสมทั้งหมดเข้ากัน แล้วต่อด้วยความเร็ว ปานกลาง 4 นาที และความเร็วต่ำอีก 2 นาที ขณะเดียวกันต้องใช้พายยางปาดส่วนผสมให้เข้ากันอยู่เสมอ

- เทส่วนผสมถาดสแตนเลสที่รองด้วยกระดาษไข อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
- นำแป้งเค้กตาลที่ได้มาบดแล้วร่อนให้มีขนาดใกล้เคียงกันจะได้ผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูป และนำไปผลิตเป็นเค้กตาลด้วยไมโครเวฟดังภาพที่ 4.2

แป้งเค้กตาลสำเร็จรูป 90 กรัม

↓

ผสมผงฟู 0.35 กรัม และเบคกิ้งโซดา 0.35 กรัม

↓

เทกะทิ 70 กรัมลงไปผสมกับส่วนของแป้ง คนผสมให้เข้ากันจนเนื้อแป้งเนียนด้วยส้อม

↓

ใส่ไข่ไก่ลงไป 1 ฟอง คนผสมให้เข้ากันจนเนื้อแป้งเนียนด้วยส้อม

↓

ทำให้สุกเครื่องไมโครเวฟ กำลังไฟฟ้า 850 วัตต์ เวลา 3.30 นาที

↓

ผลิตภัณฑ์เค้กตาลสำเร็จรูป

ภาพที่ 4.2 กระบวนการผลิตเค้กตาลด้วยไมโครเวฟ (ต้นแบบ)

จากนั้นทำการผลิตเค้กตาลตามวิธีข้างต้นและนำมาทดสอบทิศทางในการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูป ได้ผลดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ความถี่สะสมในแต่คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เค้กตาลที่ผลิตจากวิธีที่ 1

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส	ปรับลดลงมาก	ปรับลดลงเล็กน้อย	ไม่ต้องปรับปรุง	ปรับเพิ่มขึ้นเล็กน้อย	ปรับเพิ่มขึ้นมาก
สี	0	4	6	6	4
กลิ่นตาล	0	0	6	12	2
การขึ้นฟู	0	0	4	14	2
ความนุ่ม	0	0	12	4	4
ความชุ่ม	0	0	14	6	0
รสหวาน	0	0	12	4	4

หมายเหตุ : จำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 20 คน

จากผลการทดสอบหาทิศทางในการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูป (ตารางที่ 4.15) พบว่า ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสส่วนใหญ่ต้องการให้คงความนุ่ม ความชุ่ม และความหวานของผลิตภัณฑ์ไว้เหมือนกับเค้กตาลที่ผลิตจากวิธีที่ 1 และต้องการให้ปรับเพิ่มสี กลิ่นตาล และความฟูของเค้กตาลขึ้นอีกเล็กน้อย ดังนั้นในการทดลองต่อไปจะทำการพัฒนาลักษณะดังกล่าวต่อไป โดยจะทำการแปรผันปริมาณส่วนผสมหลักของเค้กตาลสำเร็จรูป คือ แป้งเค้กและแป้งลูกตาลหมักชนิดผง เนื่องจากแป้งเค้กและเนื้อตาลหมักผงเป็นตัวกำหนดคุณภาพทางด้านสีและกลิ่นของเค้กตาล ส่วนคุณภาพทางด้านความฟูของผลิตภัณฑ์จะปรับปรุงจะในการศึกษาการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปด้วยไมโครเวฟต่อไป

การทดลองที่ 3.2 การหาส่วนผสมหลักที่เหมาะสมในการผลิตแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป

การทดลองนี้จะศึกษาส่วนผสมหลักของเค้กตาลสำเร็จรูป คือ แป้งเค้กและแป้งลูกตาลหมักชนิดผง โดยใช้วิธีการผลิตแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปจากการทดลอง 3.1 คือ การใส่แป้งลูกตาลหมักชนิดผงลงไปในขั้นตอนการอบแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปด้วยลมร้อน วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design (ไพโรจน์, 2547) แปรผันปริมาณแป้งเค้กและแป้งลูกตาลหมักชนิดผง ตามตารางที่ 4.16 และ 4.17 ส่วนผสมอื่นๆ ให้คงไว้ตามอัตราส่วนแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปต้นแบบ

ตารางที่ 4.16 ระดับปัจจัยของแป้งเค้กและแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่ใช้ในการหาส่วนผสมหลักที่เหมาะสมในการผลิตแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป

ปัจจัย/ระดับ	ต่ำ	สูง
แป้งเค้ก (กรัม)	360	420
แป้งลูกตาลหมักชนิดผง (กรัม)	140	200

ตารางที่ 4.17 การออกแบบแบบ Mixture design ในการหาส่วนผสมหลักที่เหมาะสมในการผลิตแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป

สิ่งทดลอง	ส่วนผสม (กรัม)	
	แป้งเค้ก	แป้งลูกตาลหมักชนิดผง
1	420	140
2	390	170
3	360	200
4	405	155
5	375	185

จากนั้นทำการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป ตามวิธีดังภาพที่ 4.2 และเก็บตัวอย่างเค้กตาลมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 4.18 และ 4.19 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กตาลที่ได้จากการหาส่วนผสมหลักที่เหมาะสมในการผลิตแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

สิ่งทดลอง	สี	กลิ่น	ความฟู	ความนุ่ม	ความชุ่ม
1	6.60±1.17	6.60±1.43	6.00±1.56	5.30±1.70	5.10±1.73
2	5.80±1.55	6.30±1.25	5.80±1.40	6.10±1.66	5.60±1.43
3	5.10±1.10	6.50±1.51	5.50±1.72	6.00±1.76	6.00±1.76
4	5.70±1.70	5.70±1.16	5.80±1.14	6.20±1.23	6.00±1.15
5	5.20±1.75	6.70±1.42	5.60±1.78	6.10±1.60	6.10±1.52
เฉลี่ย	**5.68±0.30**	**6.36±0.14**	**5.74±0.20**	**5.94±0.21**	**5.76±0.25**

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กตาลที่ได้จากการหาส่วนผสมหลักที่เหมาะสมในการผลิตแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป (คะแนนเต็ม 9 คะแนน) **(ต่อ)**

สิ่งทดลอง	เนื้อสัมผัส	ความหวาน	รสชาติโดยรวม	การยอมรับโดยรวม
1	5.80±1.55	6.20±1.32	6.20±1.23	5.90±1.10
2	5.70±1.34	6.40±1.35	6.10±1.29	6.10±1.20
3	6.00±1.76	6.00±1.76	5.90±1.73	6.20±1.81
4	6.20±1.48	6.00±1.70	6.10±1.29	6.10±1.73
5	6.20±1.48	5.90±1.60	6.10±1.29	6.20±1.48
เฉลี่ย	**5.98±0.16**	**6.10±0.20**	**6.08±0.20**	**6.10±0.31**

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของเค้กตาลที่ได้จากการหาส่วนผสมหลักที่เหมาะสมของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป

สิ่งดลอง	ค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw)	ค่าสี L	ค่าสี a*	ค่าสี b*	ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	แรงเฉือน (นิวตัน)
1	0.930±0.047	55.77±0.34	1.81±0.04	17.58±0.13	0.60±0.09	3.80±0.78
2	0.937±0.036	52.39±0.44	2.36±0.12	15.65±0.36	0.62±0.07	3.34±0.45
3	0.884±0.010	51.02±0.38	2.67±0.09	15.52±0.26	0.69±0.14	2.63±0.08
4	0.879±0.023	52.66±0.18	2.20±0.10	15.84±0.75	0.71±0.04	3.09±0.45
5	0.863±0.024	51.87±0.23	2.34±0.26	16.16±0.34	0.59±0.06	2.78±0.21
ฉลี่ย	**0.899±0.94**	**52.74±0.11**	**2.27±0.08**	**16.15±0.23**	**0.64±0.05**	**3.13±0.46**

จากตารางที่ 4.18 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กตาลที่ได้จากการหาส่วนผสมหลักที่เหมาะสมของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป พบว่า เค้กตาลที่ได้มีค่าเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความฟู ความนุ่ม เนื้อสัมผัส ความหวาน รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 5.68, 6.36, 5.74, 5.94, 5.76, 5.98, 6.10, 6.08 และ 6.10 ตามลำดับ และจากตารางที่ 4.19 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของเค้กตาล พบว่า คุณภาพทางด้านค่ากิจกรรมของน้ำ เท่ากับ 0.899 ค่าสี L a* b* เท่ากับ

52.74, 2.27 และ 16.15 ตามลำดับ ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.64 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และแรงเฉือนเท่ากับ 3.13 นิวตัน

จากนั้นนำผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส และคุณภาพทางด้านกายภาพของเค้กตาล (ตารางที่ 4.18 และ 4.19) มาหาความสัมพันธ์ทางสถิติ พบว่า แป้งเค้กและแป้งลูกตาลหมักชนิดผงมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ความฟู การยอมรับโดยรวม คุณภาพทางกายภาพด้านค่าสี L ค่าสี a* ความหนาแน่น และแรงเฉือนของเค้กตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีสมการความสัมพันธ์แบบ Stepwise แสดงดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 สมการความสัมพันธ์แบบ Stepwise ของผลิตภัณฑ์เค้กตาลที่ได้จากการแปรผันปริมาณแป้งเค้กและแป้งลูกตาลหมักชนิดผง

คุณภาพ	สมการ	R^2	P
ด้านประสาทสัมผัส			
สี	=6.38A + 4.98B	0.8105	0.0238
ความฟู	=5.98A +5.50B	0.9298	0.0052
การยอมรับโดยรวม	=5.98A + 6.24B	0.7556	0.0354
ด้านกายภาพ			
ค่าสี L	=54.80A + 50.69B	0.7502	0.0366
ค่าสี a*	=1.91A + 2.64B	0.8517	0.0163
ความหนาแน่น	=0.70A + 0.55B	0.7560	0.0352
แรงเฉือน	=3.66A + 2.60B	0.7413	0.0386

หมายเหตุ : A: แป้งเค้ก B: แป้งลูกตาลหมักชนิดผง

จากสมการความสัมพันธ์ (ตารางที่ 4.20) พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีและความฟูของเค้กตาล จะมีอิทธิพลหลักมาจากแป้งเค้ก โดยที่ผู้บริโภคจะให้การยอมรับคุณภาพทางด้านสี และความฟูเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งเค้ก ซึ่งจะมีผลเช่นเดียวกับการเพิ่มปริมาณแป้งลูกตาลหมักชนิดผง

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของเค้กตาล จะมีอิทธิพลหลักมาจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผง โดยที่ผู้บริโภคจะให้การยอมรับคุณภาพทางด้านการยอมรับโดยรวมเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งลูกตาลหมักชนิดผง ซึ่งจะมีผลเช่นเดียวกับการเพิ่มปริมาณแป้งเค้ก

คุณภาพทางด้านกายภาพด้านค่าสี L ความหนาแน่น และแรงเฉือนของเค้กตาลจะมีอิทธิพลหลักมาจากแป้งเค้ก โดยที่ค่าสี L ความหนาแน่น และแรงเฉือนจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งเค้ก ซึ่งจะมีผลเช่นเดียวกับการเพิ่มปริมาณแป้งลูกตาลหมักชนิดผง

คุณภาพทางด้านกายภาพด้านค่าสี a* ของเค้กตาล จะมีอิทธิพลหลักมาจากแป้งลูกตาลหมักชนิดผง โดยที่ค่าสี a* จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งลูกตาลหมักชนิดผง ซึ่งจะมีผลเช่นเดียวกับการเพิ่มปริมาณแป้งเค้ก

จากนั้นนำสมการที่ได้มาหาปริมาณแป้งเค้กและแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่เหมาะสมในการผลิตแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป โดยใช้โปรแกรม Design Expert version 7.1.0 วิเคราะห์ผลแบบ Numerical โดย กำหนดขอบเขตของคุณภาพที่ต้องการ ดังนี้

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

สี	กำหนดช่วงผลการศึกษา คือ คะแนน 5.1-6.6
ความฟู	กำหนดช่วงผลการศึกษา คือ คะแนน 5.5-6.0
การยอมรับโดยรวม	กำหนดช่วงผลการศึกษา คือ คะแนน 5.9-6.2

คุณภาพทางกายภาพ

ค่าสี L	กำหนดช่วงผลการศึกษา คือ 51.02 – 55.77
ค่าสี a*	กำหนดช่วงผลการศึกษา คือ 1.81 – 2.67
ความหนาแน่น	กำหนดช่วงผลการศึกษา คือ 0.54 – 0.70 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
แรงเฉือน	กำหนดช่วงผลการศึกษา คือ 2.63 – 3.80 นิวตัน

จากการกำหนดขอบเขตข้างต้น จะทำให้ได้ปริมาณแป้งเค้กและแป้งลูกตาลหมักชนิดผงที่เหมาะสม คือ แป้งเค้ก 395 กรัม และแป้งลูกตาลหมักชนิดผง 165 กรัม โดยมีคุณภาพต่างๆ (คำนวณจากสมการความสัมพันธ์) ดังนี้ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ความฟู และการยอมรับโดยรวม เท่ากับ 5.78, 5.78 และ 6.08 คะแนน จากคะแนนเต็ม 9 คะแนน

ตามลำดับ และมีคุณภาพทางกายภาพด้านค่าสี L และ a* เท่ากับ 53.05 และ 2.22 ตามลำดับ ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.64 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และแรงเฉือน เท่ากับ 3.21 นิวตัน ดังนั้นสามารถสรุปส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปได้ดังนี้

ส่วนผสมแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป

แป้งเค้ก	395	กรัม	คิดเป็นร้อยละ 31.73	ของส่วนผสมทั้งหมด
แป้งลูกตาลหมักชนิดผง	165	กรัม	คิดเป็นร้อยละ 13.25	ของส่วนผสมทั้งหมด
นมข้นจืด	240	มิลลิลิตร	คิดเป็นร้อยละ 19.28	ของส่วนผสมทั้งหมด
เนย	200	กรัม	คิดเป็นร้อยละ 16.06	ของส่วนผสมทั้งหมด
น้ำตาล	200	กรัม	คิดเป็นร้อยละ 16.06	ของส่วนผสมทั้งหมด
อีซี 25 เค	30	กรัม	คิดเป็นร้อยละ 2.41	ของส่วนผสมทั้งหมด
น้ำมะนาว	13	มิลลิลิตร	คิดเป็นร้อยละ 1.04	ของส่วนผสมทั้งหมด
เกลือ	2	กรัม	คิดเป็นร้อยละ 0.16	ของส่วนผสมทั้งหมด

การทดลองที่ 3.3 การกลั่นกรองปัจจัยด้านส่วนผสมที่มีผลกระทบต่อการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปด้วยไมโครเวฟ

ในการทดลองนี้จะวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman Design (N=8) (ไพโรจน์, 2547) ตามตารางที่ 3.1 เพื่อกลั่นกรองปัจจัยด้านส่วนผสมในการผลิตที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปด้วยไมโครเวฟตามภาพที่ 4.2 ได้แก่ เบคกิ้งโซดา ผงฟู กะทิ และไข่ไก่ โดยมีการกำหนดระดับของปัจจัยดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ระดับของปัจจัยที่คาดว่ามีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูป

ปัจจัย (ต่อ 90 กรัมของแป้งเค้กตาลผง)	ระดับปัจจัย	
	ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)
A: เบคกิ้งโซดา (กรัม)	0.35	0.70
B: ผงฟู (กรัม)	0.35	0.70
C: กะทิ (กรัม)	60	80
D: ไข่ไก่ (ฟอง)	1	2

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส และกายภาพทางของเค้กตาลได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.22 และ 4.23

ตารางที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กตาลที่ได้จากการกลั่นกรองปัจจัยด้านส่วนผสมในการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของเค้กตาล (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

สิ่งทดลอง	สี	กลิ่น	ความฟู	ความนุ่ม	ความชุ่ม
1	5.90±1.10	5.60±1.26	6.60±1.07	6.50±0.97	6.30±1.16
2	5.60±1.35	6.30±1.83	5.20±1.93	6.30±1.16	6.40±1.17
3	6.00±1.25	6.60±0.84	5.70±1.06	6.20±1.14	6.10±1.52
4	7.70±0.67	6.80±1.40	7.00±0.94	6.90±0.99	6.00±1.37
5	5.10±1.60	5.60±1.58	4.80±1.93	6.00±1.15	4.90±1.35
6	5.40±1.26	4.90±1.66	5.00±1.33	6.10±1.29	5.70±1.05
7	5.80±1.23	5.10±0.74	5.40±1.26	6.10±0.88	5.50±1.35
8	7.20±0.63	6.30±1.57	6.60±0.97	5.90±1.37	5.60±1.78

ตารางที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กตาลที่ได้จากการกลั่นกรองปัจจัยด้านส่วนผสมในการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของเค้กตาล (คะแนนเต็ม 9 คะแนน) **(ต่อ)**

สิ่งทดลอง	เนื้อสัมผัส	ความหวาน	รสชาติโดยรวม	การยอมรับโดยรวม
1	7.00±0.82	6.80±0.92	6.50±0.71	6.20±1.03
2	6.10±1.73	5.60±1.71	5.50±1.58	5.40±1.43
3	5.90±1.52	6.50±1.43	6.30±1.42	6.10±1.37
4	6.90±1.37	7.20±1.40	7.10±1.52	7.20±1.23
5	5.40±1.35	5.50±1.72	5.60±1.26	5.60±1.43
6	6.00±1.05	5.40±1.78	5.50±1.27	5.60±1.35
7	5.60±1.35	5.90±0.99	5.50±1.08	4.90±1.52
8	5.40±1.78	5.70±1.77	5.90±1.73	5.90±1.79

ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของเค้กตาลที่ได้จากการกลั่นกรองปัจจัยด้านส่วนผสมในการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของเค้กตาล

สิ่งทดลอง	ค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw)	ค่าสี L	ค่าสี a*	ค่าสี b*	ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	แรงเฉือน (นิวตัน)
1	0.892±0.007	55.52±0.28	4.11±0.06	23.08±0.30	0.51±0.05	2.26±0.69
2	0.946±0.009	52.76±0.65	3.07±0.05	18.77±0.30	0.69±0.08	2.66±0.31
3	0.933±0.009	53.67±0.12	4.10±0.10	20.18±0.29	0.57±0.09	1.70±0.37
4	0.898±0.008	60.55±0.31	2.24±0.04	27.64±0.58	0.46±0.02	2.37±0.51
5	0.964±0.004	53.07±0.77	3.66±0.26	19.89±0.41	0.66±0.08	2.71±0.21
6	0.998±0.003	50.04±0.35	1.04±0.16	22.56±0.34	0.82±0.07	1.95±0.13
7	0.995±0.004	50.20±0.48	1.83±0.03	19.09±2.19	0.94±0.14	1.66±0.15
8	0.916±0.015	61.66±0.85	2.01±0.10	26.46±0.95	0.58±0.04	2.82±0.53

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส และกายภาพของผลิตภัณฑ์เค้กตาล ทำให้สามารถแบ่งปัจจัยที่ทำการศึกษาได้ออกเป็น 2 ประเภท คือ ปัจจัยหลัก (Main effect) ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพ ในด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์เค้กตาลมากที่สุด และปัจจัยรองซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์เค้กตาลเช่นเดียวกัน แต่จะมีอิทธิพลหรือผลกระทบต่อคุณภาพน้อยกว่าปัจจัยหลัก และแผนการทดลองเพื่อกลั่นกรองปัจจัยเพื่อหาส่วนผสมที่มีผลกระทบต่อการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปด้วยไมโครเวฟ เป็นการศึกษาผลของปัจจัยที่มีผลของปัจจัยที่มีอิทธิพลหลักเท่านั้น ไม่สามารถที่จะอธิบายผลของปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมกัน (Interaction effect) ของปัจจัยที่ศึกษาได้ โดยพิจารณาใช้ที่ระดับความเชื่อมั่นตั้งแต่ร้อยละ 85 ขึ้นไป ($p \leq 0.15$) เพื่อเป็นการลดปัญหาการมองข้ามปัจจัยที่น่าจะมีความสำคัญไป (ตารางที่ 4.24)

ตารางที่ 4.24 ผลกระทบ (Effect) ของปัจจัยที่มีต่อคุณภาพของเค้กตาล ในการวางแผนแบบ Plackett and Burman Design (N=8)

ปัจจัย		สี		กลิ่น		ความฟู		ความนุ่ม	
		Effect	t-test	Effect	t-test	Effect	t-test	Effect	t-test
A	เบคกิ้งโซดา	-0.875	-6.093[e]	0.000	0.000	-0.425	-3.400[e]	0.000	0.000
B	ผงฟู	0.325	2.263[d]	-0.150	-0.457	0.525	4.200[e]	0.400	1.886[c]
C	กะทิ	-0.625	-4.352[e]	-0.450	-1.372[a]	-0.225	-1.800[c]	-0.050	-0.236
D	ไข่ไก่	-1.225	-8.530[e]	-1.100	-3.355[e]	-1.375	-11.00[e]	-0.250	-1.179

ตารางที่ 4.24 ผลกระทบ (Effect) ของปัจจัยที่มีต่อคุณภาพของเค้กตาล ในการวางแผนแบบ Plackett and Burman Design (N=8) **(ต่อ)**

ปัจจัย		ความชุ่ม		เนื้อสัมผัส		รสหวาน		รสชาติ	
		Effect	t-test	Effect	t-test	Effect	t-test	Effect	t-test
A	เบคกิ้งโซดา	0.225	0.619	0.125	0.306	-0.200	-0.437	-0.025	-0.084
B	ผงฟู	0.475	1.306[a]	0.725	1.773[c]	0.350	0.765	0.325	1.090
C	กะทิ	0.175	0.481	0.175	0.428	-0.100	-0.219	-0.075	-0.251
D	ไข่ไก่	-0.375	-1.031	-0.525	-1.284[a]	-0.700	-1.531[b]	-0.925	-3.101[e]

ตารางที่ 4.24 ผลกระทบ (Effect) ของปัจจัยที่มีต่อคุณภาพของเค้กตาล ในการวางแผนแบบ Plackett and Burman Design (N=8) **(ต่อ)**

ปัจจัย		การยอมรับ		ค่ากิจกรรมของน้ำ		ค่าสี L		ค่าสี a	
		Effect	t-test	Effect	t-test	Effect	t-test	Effect	t-test
A	เบคกิ้งโซดา	-0.075	-0.176	-0.018	-2.295[d]	-1.858	-2.971[e]	1.955	6.852[e]
B	ผงฟู	0.125	0.294	-0.020	-2.550[e]	0.147	0.236	0.110	0.386
C	กะทิ	-0.325	-0.765	0.024	2.997[e]	-4.653	-7.443[e]	0.025	0.088
D	ไข่ไก่	-0.975	-2.294[d]	0.066	8.416[e]	-6.333	-10.130[e]	-0.715	-2.506[e]

ตารางที่ 4.24 ผลกระทบ (Effect) ของปัจจัยที่มีต่อคุณภาพของเค้กตาล ในการวางแผนแบบ Plackett and Burman Design (N=8) **(ต่อ)**

ปัจจัย		ค่าสี b		ความหนาแน่น		แรงเฉือน	
		Effect	t-test	Effect	t-test	Effect	t-test
A	เบคกิ้งโซดา	-3.458	-2.496[e]	-0.092	-1.762[c]	0.136	0.617
B	ผงฟู	-0.128	-0.092	-0.008	-0.143	-0.055	-0.248
C	กะทิ	-1.963	-1.417[a]	0.113	2.143[d]	-0.754	-3.415[e]
E	ไข่ไก่	-4.263	-3.077[e]	0.248	4.714[e]	-0.044	-0.198

หมายเหตุ:

a คือมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 70 (t-table = 1.386)

b คือมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 75 (t-table = 1.604)

c คือมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 (t-table = 1.886)

d คือมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 (t-table = 2.282)

e คือมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 (t-table = 2.920)

f คือมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (t-table = 4.303)

จากตารางที่ 4.24 นำผลการวิเคราะห์มาสรุปผลกระทบของปัจจัยต่อค่าสังเกตและจำนวนผลกระทบที่มีต่อคุณภาพของเค้กตาล ได้ผลดังตารางที่ 4.25 และ 4.26 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.25 ผลกระทบของปัจจัยต่อค่าสังเกตที่มีผลต่อคุณภาพของเค้กตาลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85

ปัจจัย	ผลกระทบของปัจจัย (Effect)				
	สี	กลิ่น	ความฟู	รสชาติ	การยอมรับ
เบคกิ้งโซดา	-(6.093)		-(3.400)		
ผงฟู	2.263		4.200		
กะทิ	-(4.352)				
ไข่ไก่	-(8.530)	-(3.355)	-(11.000)	-(3.1.1)	-(2.294)

ตารางที่ 4.25 ผลกระทบของปัจจัยต่อค่าสังเกตที่มีผลต่อคุณภาพของเค้กตาลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 **(ต่อ)**

ปัจจัย	ผลกระทบของปัจจัย (Effect)					
	ค่าสี L	ค่าสี a*	ค่าสี b*	กิจกรรมของน้ำ	ความหนาแน่น	แรงเฉือน
เบคกิ้งโซดา	-(2.971)	6.852	-(2.496)	-(2.295)		
ผงฟู				-(2.550)		
กะทิ	-(7.443)			2.797	2.143	-(3.415)
ไข่ไก่	-(10.130)	-(2.500)	-(3.077)	8.416	4.714	

ตารางที่ 4.26 จำนวนผลกระทบที่มีผลต่อคุณภาพของเค้กตาลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85

ปัจจัย	จำนวนผลกระทบ		
	ด้านบวก	ด้านลบ	รวม
เบคกิ้งโซดา	1	5	6
ผงฟู	2	1	3
กะทิ	2	3	5
ไข่ไก่	2	8	10

ในการพิจารณาว่า ปัจจัยใดมีผลกระทบต่อคุณภาพของเค้กตาลนั้น สามารถพิจารณาได้จากจำนวนผลกระทบหรืออิทธิพลของปัจจัยนั้นๆ ที่เกิดขึ้นต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เค้กตาลในด้านต่างๆ ว่ามีผลกระทบมากน้อยเพียงใด จากตารางที่ 4.25 และ 4.26 พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเค้กตาลที่ระดับความเชื่อมั่นตั้งแต่ร้อยละ 85 ขึ้นไป ($p \leq 0.15$) ได้แก่ เบคกิ้งโซดา กะทิ และไข่ไก่ ทั้งนี้มีผลกระทบกับคุณภาพของเค้กตาลจำนวน 6, 5 และ 10 ค่า ตามลำดับ โดยคุณภาพที่ปัจจัยมีอิทธิพลในสิ่งทดลองต่างๆ สามารถอธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

เบคกิ้งโซดา จากการศึกษาถึงอิทธิพลของเบคกิ้งโซดาต่อคุณภาพของเค้กตาลในด้านต่างๆ พบว่า การเติมเบคกิ้งโซดาลงในส่วนผสมจะทำให้ค่ากิจกรรมของน้ำ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ความฟู คุณภาพทางกายภาพด้านค่าสี Lและ b* ลดลง ในขณะที่จะมีผลทำให้ค่าสี a* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 ($p \leq 0.15$)

กะทิ จากการศึกษาถึงอิทธิพลของกะทิต่อคุณภาพของเค้กตาลในด้านต่างๆ พบว่า เมื่อเติมกะทิของในส่วนผสมจะมีผลในการลดคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ค่าสี L และค่าแรงเฉือนของเค้กตาล ในขณะที่จะมีผลในการเพิ่มค่ากิจกรรมของน้ำและความหนาแน่นของเค้กตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 ($p \leq 0.15$) เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่จะยอมรับเค้กตาลที่มีสีค่อนข้างเหลือง ดังนั้นจึงส่งผลให้คะแนนความชอบด้านสีของเค้กตาลลดลง อีกทั้งเมื่อเติมกะทิลงในส่วนผสมจะทำให้ส่วนผสมของแป้งเค้กตาลมีปริมาณน้ำมากขึ้น เนื้อแป้งมีน้ำหนักมากขึ้นและยกตัวได้น้อยลงมีผลทำให้การขึ้นฟูลดลง ความหนาแน่นและค่ากิจกรรมของน้ำเพิ่มมากขึ้นด้วย

ไข่ไก่ จากการศึกษาถึงอิทธิพลของไข่ไก่ ต่อคุณภาพของเค้กตาลในด้านต่างๆ พบว่า ไข่ไก่จะมีผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความฟู รสชาติ การยอมรับโดยรวม ค่าสี L a* และ b* ของเค้กตาลลดลง ในขณะที่มีผลในการเพิ่มค่ากิจกรรมของน้ำและความหนาแน่นของเค้กตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 ($p \leq 0.15$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อเพิ่มไข่ลงในส่วนผสมในเค้กตาล เมื่อผสมส่วนผสมด้วยการตีไข่ขาวจะเกิดฟองอากาศเล็กๆ จำนวนมาก ซึ่งฟองอากาศแต่ละฟองจะถูกล้อมรอบด้วยแผ่นโปรตีนจากไข่ขาว และการสัมผัสของแผ่นโปรตีนบางๆ กับอากาศ จะทำให้โปรตีนบางส่วนแข็งตัว เป็นผลให้ฟองนั้นแข็งตัว เมื่อได้รับความร้อนจะทำให้ฟองอากาศขยายตัว แผ่นโปรตีนจะมีความยืดหยุ่นเมื่อส่วนผสมหรือไข่ขาวที่ตีจนแข็งได้รับความร้อนสูงสุด โปรตีนจะเกิดการแข็งตัวอย่างทั่วถึง สูญเสียความยืดหยุ่นและจะจับเป็นโครงสร้างที่แข็งในผลิตภัณฑ์ (จิตธนา, 2525) ดังนั้นการเติมไข่ไก่ลงในปริมาณที่มากจะส่งผลให้ในเค้กตาลมีปริมาณโปรตีนที่แข็งตัวเยอะเกินไปทำให้เค้กตาลที่ได้มีความแข็ง เนื้อเค้กหนัก และมีสีเข้มขึ้น อีกทั้งยังมีผลให้เค้กตาลที่ได้มีกลิ่นไข่ชัดเจนกลบกลิ่นลูกตาลหมักของเค้กไป ส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและกายภาพในด้านต่างๆ ข้างต้น

ส่วนผงฟูก็มีอิทธิพลหรือมีผลกระทบต่อเค้กตาลเช่นเดียวกัน แต่จะมีอิทธิพลหรือมีผลกระทบต่อคุณภาพน้อยกว่าเบคกิ้งโซดา กะทิ และไข่ไก่

ผงฟู จากการศึกษาถึงอิทธิพลของผงฟูต่อคุณภาพของเค้กตาลในด้านต่างๆ พบว่า ผงฟูมีผลในการเพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ความฟูของเค้กตาล ในขณะที่มีผลในการลดค่ากิจกรรมของน้ำของเค้กตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 ($p \leq 0.15$)

จากการกลั่นกรองส่วนผสมที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเค้กตาล พบว่า เบคกิ้งโซดา กะทิ และไข่ไก่ เป็นส่วนผสมที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเค้กตาลมากจึงควรนำส่วนผสมทั้ง 3

ชนิด ไปศึกษาเพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสม โดยควรศึกษาในการลดปริมาณส่วนผสมทั้ง 3 ชนิด แต่เนื่องจากการไข่ไก่ในส่วนผสมที่ระดับต่ำ (1 ฟอง) ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงคงปริมาณ ไข่ไก่ในส่วนผสมเค้กตาลที่ระดับต่ำ คือ 1 ฟอง (ต่อ 90 กรัมของแป้งเค้กตาลผง) ส่วนปัจจัยรอง คือ ผงฟู ให้คงไว้ที่ในระดับสูง คือ 0.70 กรัม (ต่อ 90 กรัมของแป้งเค้กตาลผง) เนื่องการใช้ปริมาณผงฟูในระดับสูงส่งผลด้านบวกต่อคุณภาพของเค้กตาลมากกว่าการใช้ผงฟูในระดับต่ำ

การทดลองที่ 3.4 การศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมในการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปด้วยไมโครเวฟ

จากการกลั่นกรองส่วนผสมที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเค้กตาลในการทดลองที่ 3.3 พบว่า ส่วนผสมที่กลั่นกรองได้ คือ เบคกิ้งโซดาและกะทิ สำหรับการทดลองนี้จะศึกษาปริมาณเบคกิ้งโซดาและกะทิที่เหมาะสมในการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial Experimental in with 2 center point (ไพโรจน์, 2547) ส่วนปัจจัยรอง คือ ไข่ไก่และผงฟูจะกำหนดไว้ที่ 1 ฟอง และ 0.70 กรัม (ต่อ 90 กรัมของแป้งเค้กตาลผง) ตามลำดับ โดยมีการกำหนดระดับของเบคกิ้งโซดาและกะทิดังตารางที่ 4.27 และวางแผนการทดลองดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.27 ระดับของเบคกิ้งโซดาและกะทิ ในการศึกษาส่วนผสมในการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูป

ปัจจัย	ระดับปัจจัย	
	ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)
A: เบคกิ้งโซดา (กรัมต่อ 90 กรัมของแป้งเค้กตาลผง)	0.15	0.55
B: กะทิ (กรัมต่อ 90 กรัมของแป้งเค้กตาลผง)	50	70

ตารางที่ 4.28 แผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial Experimental with 2 center point ในการศึกษาส่วนผสมในการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูป

สิ่งทดลอง	ส่วนผสม (กรัม)	
	A: เบคกิ้งโซดา	B: กะทิ
1	0.15	50
2	0.55	50
3	0.15	70
4	0.55	70
5	0.35	60
6	0.35	60

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส และกายภาพทางของเค้กตาลได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.29 และ 4.30 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กตาลในการศึกษาส่วนผสมในการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูป (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

สิ่งทดลอง	สี	กลิ่น	ความฟู	ความนุ่ม	ความชุ่ม
1	6.8±0.79	6.00±1.41	4.80±2.20	4.00±1.94	4.00±2.31
2	5.9±2.02	5.80±1.40	5.70±1.89	5.50±1.84	5.20±2.15
3	7.0±1.05	6.50±1.58	6.40±1.17	6.20±1.03	6.20±1.32
4	5.4±1.17	6.10±1.29	5.90±1.85	5.90±1.85	5.50±2.01
5	6.4±0.97	5.60±1.43	5.80±1.32	6.60±0.70	6.20±1.23
6	6.3±1.16	6.00±1.56	6.10±0.99	6.80±1.92	6.40±1.26
เฉลี่ย	**6.30±0.59**	**6.00±0.30**	**5.78±0.54**	**5.83±1.01**	**5.58±0.98**

ตารางที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กตาลในการศึกษาส่วนผสมในการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูป (คะแนนเต็ม 9 คะแนน) **(ต่อ)**

สิ่งทดลอง	เนื้อสัมผัส	ความหวาน	รสชาติโดยรวม	การยอมรับโดยรวม
1	3.70±2.45	5.20±2.35	5.30±2.21	4.50±2.12
2	5.50±2.12	6.20±1.23	6.30±0.95	5.10±1.06
3	6.50±1.43	6.40±1.65	6.60±1.43	6.40±1.58
4	5.40±1.78	5.50±1.78	5.50±1.72	5.20±1.93
5	6.40±0.84	6.00±1.25	6.00±1.25	6.00±1.33
6	6.50±0.84	6.30±1.25	6.30±1.25	6.30±1.57
เฉลี่ย	**5.65±1.07**	**5.93±0.48**	**6.00±0.50**	**5.58±0.76**

ตารางที่ 4.30 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของเค้กตาลในการศึกษาส่วนผสมในการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูป

สิ่งทดลอง	ค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw)	ค่าสี L	ค่าสี a*	ค่าสี b*	ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	แรงเฉือน (นิวตัน)
1	0.803±0.027	66.09±0.19	2.47±0.25	31.80±0.77	0.37±0.03	8.620±2.93
2	0.865±0.007	59.35±0.23	3.27±0.11	23.76±.0.24	0.35±0.03	3.384±0.73
3	0.920±0.005	60.03±0.43	2.42±0.26	28.89±0.48	0.60±0.01	3.116±0.24
4	0.932±0.005	55.56±0.57	3.99±0.27	22.93±0.10	0.48±0.06	2.268±0.39
5	0.910±0.012	61.03±0.70	2.47±0.09	26.37±0.46	0.58±0.11	3.546±0.99
6	0.914±0.012	59.54±0.25	2.46±0.04	23.80±0.86	0.60±0.05	3.049±0.79
เฉลี่ย	**0.891±0.049**	**60.26±3.41**	**2.85±0.65**	**26.26±0.49**	**0.50±0.12**	**4.00±2.31**

จากตารางที่ 4.29 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กตาลจากการแปรผันปริมาณเบคกิ้งโซดาและกะทิ พบว่า เค้กตาลที่ได้มีค่าเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความฟู ความนุ่ม ความชุ่ม เนื้อสัมผัส ความหวาน รสชาติ และการยอมรับโดยรวม เท่ากับ 6.30, 6.00, 5.78, 5.83, 5.58, 5.65, 5.93, 6.00 และ 5.58 ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของเค้กตาล (ตารางที่ 4.30) พบว่า เค้กตาลที่ได้มี

ค่ากิจกรรมของน้ำ ค่าสี L a* และ b* เท่ากับ 0.891, 60.26, 2.85 และ 26.26 ตามลำดับ มีค่าความหนาแน่น เท่ากับ 0.50 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และแรงเฉือน เท่ากับ 4.00 นิวตัน

เมื่อนำผลการวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์เค้กตาลที่ได้จากการแปรผันเบคกิ้งโซดาและกะทิ มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ได้สมการความสัมพันธ์แบบ Stepwise ของเค้กตาลสำเร็จรูปดังตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 สมการความสัมพันธ์แบบ Stepwise ของผลิตภัณฑ์เค้กตาล ที่ได้จากการแปรผันปริมาณเบคกิ้งโซดาและกะทิ

คุณภาพ	สมการ	R^2	P
ด้านประสาทสัมผัส			
สี	=6.30 – 0.63A	0.8855	0.0032
ด้านกายภาพ			
ค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw)	=0.89 + 0.046B	0.6445	0.0338
ค่าสี L	=60.26 – 2.80A	0.9311	0.0084
ค่าสี b*	=26.26 – 3.5A	0.7540	0.0156

หมายเหตุ : A: เบคกิ้งโซดา B: กะทิ

จากสมการความสัมพันธ์ข้างต้น พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ค่าสี L และ a* ของเค้กตาลสำเร็จรูป มีอิทธิพลหลักมาจากเบคกิ้งโซดา โดยที่คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ค่าสี L และ a* ของเค้กตาลสำเร็จรูปจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเบคกิ้งโซดา ทั้งนี้เนื่องมาจากการเติมเบคกิ้งโซดาในส่วนผสมปริมาณมาก จะส่งผลให้เค้กตาลมีสีคล้ำขึ้นอย่างชัดเจน ทำให้มีอิทธิพลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ค่าสี L และ a* ของเค้กตาลสำเร็จรูปโดยตรง และคุณภาพทางกายภาพด้ายค่ากิจกรรมของน้ำ มีอิทธิพลหลักมาจากกะทิ โดยที่ค่ากิจกรรมของน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณกะทิ

จากนั้นนำสมการที่ได้มาหาปริมาณเบคกิ้งโซดาและกะทิที่เหมาะสมในการผลิตแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป โดยใช้โปรแกรม Design Expert version 7.1.0 วิเคราะห์ผลแบบ Numerical โดย กำหนดขอบเขตของคุณภาพที่ต้องการ ดังนี้

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

สี	กำหนดช่วงผลการศึกษา คือ คะแนน 5.40-7.00

คุณภาพทางด้านกายภาพ

ค่ากิจกรรมของน้ำ	กำหนดช่วงผลการศึกษา คือ 0.803-0.932
ค่าสี L	กำหนดช่วงผลการศึกษา คือ 55.56-66.09
ค่าสี b*	กำหนดช่วงผลการศึกษา คือ 22.93-31.80

จากการกำหนดขอบเขตข้างต้น จะทำให้ได้ปริมาณเบคกิ้งโซดาและกะทิที่เหมาะสม คือ เบคกิ้งโซดา 0.15 กรัม (ต่อ 90 กรัมของแป้งเค้กตาลผง) และกะทิ 65.75 กรัม (ต่อ 90 กรัมของแป้งเค้กตาลผง) โดยมีคุณภาพต่างๆ (คำนวณจากสมการความสัมพันธ์) ดังนี้ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี เท่ากับ 6.92 และมีคุณภาพทางกายภาพด้านค่ากิจกรรมของน้ำ ค่าสี L และ b* เท่ากับ 0.917, 61.65 และ 29.76 ตามลำดับ แต่เพื่อให้สะดวกในการทำวิจัยจึงเลือกใช้ปริมาณของเบคกิ้งโซดา และกะทิ เท่ากับ 0.15 และ 66 กรัม (ต่อ 90 กรัมของแป้งเค้กตาลผง) ลำดับ เพราะฉะนั้นสามารถสรุปส่วนผสมที่เหมาะสมในการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปด้วยไมโครเวฟ ดังนี้

แป้งเค้กตาลสำเร็จรูป	90	กรัม
เบคกิ้งโซดา	0.15	กรัม
ผงฟู	0.70	กรัม
กะทิ	66	กรัม
ไข่ไก่	1	ฟอง (55 กรัม)

การทดลองที่ 3.5 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูป

การทดลองนี้จะทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในสภาวะเร่ง โดยทำการเก็บรักษาแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปไว้ที่อุณหภูมิ 5, 15, 25, 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ และสุ่มเก็บตัวอย่างในสัปดาห์ที่ 0, 2, 4, 6, 8, 12 และ 16 จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป และเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปสัปดาห์ต่างๆ ได้ผลการทดลองดังนี้

- **การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านต่างๆของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา**

จากตารางที่ 4.32 – 4.35 พบว่า แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่ได้มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้งในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างกันเมื่ออุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น โดยที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ในช่วง 6.10 – 7.20 คะแนน คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ได้คะแนนอยู่ในช่วง 5.17 – 6.75 คะแนน คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส ได้คะแนนอยู่ในช่วง 5.20 – 6.83 คะแนน และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวม ได้คะแนนอยู่ในช่วง 5.00 – 6.70 คะแนน

ตารางที่ 4.32 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	7.20±0.42	6.67±0.78	6.50±0.667	6.83±1.27	6.10±0.74	6.60±1.26	6.60±0.70
15 °C	7.20±0.42	7.00±0.85	6.83±0.72	6.75±0.87	6.30±0.82	6.70±0.82	6.50±0.85
25 °C	7.20±0.42	6.83±0.94	6.50±0.80	6.17±1.19	6.50±0.71	6.20±0.42	6.30±1.25
35 °C	7.20±0.42	6.75±1.14	6.42±1.16	6.58±0.67	6.80±0.79	6.40±0.52	6.10±0.99
45 °C	7.20±0.42	6.50±1.00	6.17±1.47	6.67±0.89	6.00±1.05	6.10±0.88	6.10±0.88

ตารางที่ 4.33 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	5.80±2.10	5.58±1.24	6.17±0.83	6.25±1.54	5.30±0.82	5.50±1.27	5.60±1.07
15 °C	5.80±2.10	6.33±1.07	6.33±1.07	6.08±1.08	5.20±.079	6.30±0.82	6.20±0.92
25 °C	5.80±2.10	6.75±0.97	5.75±0.97	5.17±1.27	5.00±1.70	5.40±1.26	5.70±1.06
35 °C	5.80±2.10	6.67±1.30	6.00±0.95	5.67±1.56	5.80±1.62	5.70±1.06	5.60±0.84
45 °C	5.80±2.10	5.83±1.75	5.83±1.90	6.25±1.76	5.90±2.02	5.90±1.52	6.00±1.83

ตารางที่ 4.34 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	6.20±1.40	6.58±0.79	6.75±0.75	6.75±0.87	6.00±0.94	6.30±1.06	6.30±0.95
15 °C	6.20±1.40	6.25±1.40	6.83±0.86	6.83±0.72	5.80±0.72	6.10±0.99	6.20±0.63
25 °C	6.20±1.40	6.25±0.87	6.50±1.17	6.33±1.07	5.80±1.23	5.90±0.88	5.80±1.03
35 °C	6.20±1.40	6.75±0.97	6.50±1.00	6.17±0.94	5.80±1.40	6.00±1.05	6.20±1.03
45 °C	6.20±1.40	6.75±0.78	5.58±1.93	6.33±0.98	5.70±1.57	5.70±1.57	5.20±0.92

ตารางที่ 4.35 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	6.70±0.67	6.33±0.98	6.33±0.89	6.75±1.06	6.00±0.82	6.40±0.84	6.50±0.53
15 °C	6.70±0.67	6.25±1.05	6.58±0.90	6.50±0.80	5.80±0.63	6.10±0.99	6.10±1.19
25 °C	6.70±0.67	6.58±1.38	6.42±0.79	5.92±1.16	5.90±1.20	5.70±1.06	5.90±0.57
35 °C	6.70±0.67	6.67±1.15	6.33±1.23	6.00±1.04	6.00±1.33	6.30±0.82	6.20±0.92
45 °C	6.70±0.67	6.33±1.44	5.42±1.73	6.33±1.15	5.80±1.40	5.70±1.16	5.00±1.05

จากการทดสอบคุณภาพทางด้านกายภาพของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่ได้ พบว่าคุณภาพทางด้านค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw) (ตารางที่ 4.36) ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปมีค่าแตกต่างกันไปเมื่ออุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น โดยที่ค่ากิจกรรมของน้ำมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเมื่ออุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น

จากการทดสอบคุณภาพทางค่าสี L (ค่าความสว่าง) ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆ (ตารางที่ 4.37) พบว่า แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปสัปดาห์ที่ 0 มีค่าความสว่างมากกว่า แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปสัปดาห์อื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปสัปดาห์ที่ 2, 4, 6, 8 12 และ 16 จะมีค่าความสว่างใกล้เคียงกัน และอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าสี L ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป

จากการทดสอบคุณภาพทางค่าสี a* (ค่าสีแดง) ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆ (ตารางที่ 4.38) พบว่า ที่อุณหภูมิ 5, 15, 25 และ 35 องศาเซลเซียส แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปสัปดาห์ที่ 0 มีสีแดงมากกว่า (ค่าสี a*มากกว่า) แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปสัปดาห์อื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปสัปดาห์ที่ 2, 4, 6, 8, 12 และ 16 จะมีค่าความสว่างใกล้เคียงกัน แต่ที่อุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียสพบว่า สัปดาห์ที่ 8, 12 และ 16 แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปจะมีค่าสี a* เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และจากผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา พบว่า สัปดาห์ที่ 6 เป็นต้นไป ที่อุณหภูมิที่ 5, 25 และ 45 องศาเซลเซียสจะมีค่าสี a* สูงกว่าที่อุณหภูมิ 15 และ 35 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการทดสอบคุณภาพทางค่าสี b* (ค่าสีเหลือง) ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆ (ตารางที่ 4.39) พบว่า แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปสัปดาห์ที่ 0 มีค่าความสว่างมากกว่า แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปสัปดาห์อื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปสัปดาห์ที่ 2, 4, 6, 8 12 และ 16 จะมีค่าความสว่างใกล้เคียงกัน และอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าสี b* ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป

จากการทดสอบคุณภาพทางด้านความชื้นของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆ (ตารางที่ 4.40) พบว่า แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปสัปดาห์ที่ 0 มีค่าความชื้นมากกว่าแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปสัปดาห์อื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปสัปดาห์ที่ 2, 4, 6, 8 12 และ 16 จะมีค่าความสว่างใกล้เคียงกัน และอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าความชื้นของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป

ตารางที่ 4.36 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw) ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	0.294±0.001^{b}	0.294±0.0012^{b}	0.268±0.017^{ab}	0.285±0.002^{bB}	0.268±0.017^{ab}	0.258±0.022^{aA}	0.277±0.011^{b}
15 °C	0.294±0.001^{d}	0.282±0.005^{cd}	0.269±0.004^{ab}	0.286±0.003^{cdB}	0.269±0.004^{ab}	0.266±0.010^{aAB}	0.268±0.012^{ab}
25 °C	0.294±0.001^{d}	0.284±0.001^{cd}	0.261±0.0116^{ab}	0.272±0.004^{cdA}	0.261±0.016^{ab}	0.280±0.003^{aAB}	0.277±0.010^{bc}
35 °C	0.294±0.001^{c}	0.285±0.005^{bc}	0.257±0.023^{a}	0.269±0.003^{abA}	0.257±0.023^{a}	0.283±0.001^{bB}	0.274±0.006^{abc}
45 °C	0.294±0.001^{c}	0.292±0.005^{c}	0.256±0.006^{a}	0.268±0.002^{aA}	0.265±0.006^{a}	0.276±0.002^{bB}	0.271±0.006^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก)ในแถวที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.37 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านค่าสี L ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	72.69±0.38^{d}	67.43±0.40^{abc}	67.31±0.37^{ab}	67.71±0.66^{bc}	66.93±0.13^{a}	67.73±0.35^{bc}	68.14±0.19^{c}
15 °C	72.69±0.38^{c}	67.12±0.29^{ab}	67.40±0.31^{ab}	67.17±0.48^{ab}	66.72±0.29^{a}	67.54±0.51^{b}	67.61±0.18b
25 °C	72.69±0.38^{c}	67.24±0.03^{ab}	67.63±0.56^{abA}	67.92±0.77^{ab}	67.13±0.38^{a}	68.74±0.13^{b}	68.31±0.34^{C}
35 °C	72.69±0.38^{d}	68.13±0.47^{bc}	68.46±0.59^{c}	67.72±0.25^{ab}	67.10±0.14^{a}	67.15±0.15^{a}	67.28±0.16^{a}
45 °C	72.69±0.38^{d}	68.52±1.06^{cC}	68.44±0.49^{c}	67.87±0.40^{bc}	66.78±0.59^{a}	67.50±0.06^{ab}	68.03±0.27^{bc}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก)ในแถวที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่)ในคอลัมน์ที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.38 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านค่าสี a* ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่ 0	2	4	6	8	12	16
5 °C	4.46±0.07^{c}	4.01±0.25^{a}	4.12±0.14^{ab}	4.25±0.13^{abcBC}	4.17±0.35^{abcA}	4.37±0.28^{abcC}	4.55±0.10^{cB}
15 °C	4.46±0.07^{c}	4.07±0.18^{b}	4.09±0.23^{b}	3.60±0.23^{aA}	3.86±0.10^{abAB}	3.74±0.17^{aA}	3.85±0.14^{abA}
25 °C	4.46±0.07^{c}	4.05±0.09^{b}	4.05±0.15^{b}	4.11±0.21^{aBC}	4.35±0.15^{bB}	4.30±0.17^{aBC}	4.69±0.25^{abBC}
35 °C	4.46±0.07^{c}	4.07±0.26^{ab}	4.28±0.08^{bc}	3.88±0.15^{aAB}	4.06±0.15^{abAB}	3.96±0.06^{aAB}	3.92±0.05^{aA}
45 °C	4.46±0.07^{b}	4.07±0.11^{a}	4.37±0.27^{ab}	4.39±0.28^{abC}	4.80±0.15^{cC}	4.61±0.07^{bcC}	4.84±0.16^{cC}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก)ในแถวที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่)ในคอลัมน์ที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.39 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านค่าสี b* ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	33.37±0.35^{b}	23.52±0.38^{ab}	23.46±0.31^{ab}	23.78±0.45^{ab}	30.58±1.22^{b}	27.49±0.53^{b}	25.25±0.24^{ab}
15 °C	33.37±0.35^{e}	23.70±0.35^{b}	23.33±0.32^{b}	22.55±0.48^{a}	29.69±0.21^{d}	23.84±0.06^{b}	24.74±0.16^{c}
25 °C	33.37±0.35^{e}	23.49±0.19^{b}	23.27±0.26^{b}	22.71±0.22^{a}	30.82±0.47^{d}	23.59±0.18^{b}	23.25±0.29^{c}
35 °C	33.37±0.35^{c}	23.57±0.48^{a}	23.50±0.09^{a}	23.38±0.43^{a}	29.38±0.23^{b}	23.61±0.16^{a}	23.74±0.13^{a}
45 °C	33.37±0.35^{d}	23.05±0.48^{a}	22.65±0.39^{a}	22.35±0.95^{a}	29.66±0.42^{c}	23.83±0.13^{d}	22.48±0.36^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก)ในแถวที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.40 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านความชื้น (ร้อยละ) ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	11.77±0.32^{b}	5.61±0.12^{a}	5.04±0.05^{a}	5.33±0.17^{a}	6.06±1.44^{a}	6.49±1.70^{a}	7.00±2.09^{a}
15 °C	11.77±0.32^{b}	4.64±0.42^{a}	5.22±0.20^{a}	5.35±0.71^{a}	5.75±1.72^{a}	4.92±0.53^{a}	5.22±0.56^{a}
25 °C	11.77±0.32^{b}	4.59±0.21^{a}	5.21±0.27^{a}	6.19±0.54^{a}	4.07±0.09^{a}	5.31±0.43^{a}	5.41±0.21^{a}
35 °C	11.77±0.32^{c}	4.10±0.41^{a}	5.45±0.16^{a}	7.54±1.98^{b}	4.14±0.11^{a}	5.04±0.35^{a}	8.07±1.45^{b}
45 °C	11.77±0.32^{a}	4.35±0.25^{a}	6.40±0.77^{b}	8.22±1.06^{c}	4.07±0.04^{a}	4.61±0.36^{a}	7.22±0.41^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก)ในแถวที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.41 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านค่าความเป็นกรด-ด่างของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิ	สัปดาห์ที่						
การเก็บรักษา	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	8.230±0.001	8.327±0.123	8.300±0.020	8.310±0.006	8.350±0.0030	8.350±0.010	8.327±0.012
15 °C	8.230±0.001	8.340±0.050	8.310±0.040	8.310±0.060	8.380±0.010	8.410±0.104	8.327±0.042
25 °C	8.230±0.001	8.320±0.044	8.340±0.040	8.313±0.061	8.323±0.006	8.347±0.012	8.360±0.157
35 °C	8.230±0.001	8.343±0.081	8.303±0.040	8.313±0.061	8.403±0.029	8.347±0.012	8.260±0.010
45 °C	8.230±0.001	8.313±0.070	8.297±0.032	8.313±0.061	8.340±0.044	8.333±0.012	8.363±0.049

ตารางที่ 4.42 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านปริมาณกรด (ร้อยละ) ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	0.187±0.045	0.210±0.024	0.205±0.002	0.166±0.011	0.159±0.016	0.168±0.014	0.168±0.001
15 °C	0.187±0.045	0.241±0.028	0.203±0.014	0.154±0.014	0.163±0.008	0.163±0.008	0.173±0.008
25 °C	0.187±0.045	0.205±0.042	0.170±0.008	0.159±0.015	0.154±0.001	0.161±0.007	0.159±0.008
35 °C	0.187±0.045	0.215±0.021	0.168±0.001	0.166±0.020	0.149±0.016	0.159±0.008	0.163±0.008
45 °C	0.187±0.045	0.217±0.025	0.191±0.035	0.170±0.018	0.154±0.014	0.163±0.008	0.168±0.014

ตารางที่ 4.43 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Log cfu/g) ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิ	สัปดาห์ที่						
การเก็บรักษา	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	2.55±0.10	2.11±0.55	2.38±0.21	2.44±0.06	2.39±0.55	2.39±0.12	2.54±0.09
15 °C	2.55±0.10	2.13±0.18	2.45±0.21	2.45±0.21	2.54±0.09	2.59±0.16	2.54±0.09
25 °C	2.55±0.10	2.37±0.01	2.39±0.12	2.54±0.09	2.63±0.21	2.54±0.09	2.44±0.06
35 °C	2.55±0.10	2.05±0.21	2.45±0.21	2.50±0.14	2.30±0.01	2.48±0.01	2.54±0.09
45 °C	255±0.10	2.65±0.07	2.15±0.21	2.39±0.12	2.90±0.08	2.92±0.11	2.95±0.01

ตารางที่ 4.44 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านปริมาณยีสต์และรา (Log cfu/g) ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิ	สัปดาห์ที่						
การเก็บรักษา	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	ND	1.42±0.10	2.02±0.03	1.90±0.01	1.90±0.01	2.48±0.01	2.54±0.09
15 °C	ND	1.55±0.13	1.81±0.05	1.84±0.09	1.95±0.07	2.00±0.01	1.95±0.07
25 °C	ND	1.42±0.10	1.90±0.08	1.87±0.04	1.90±0.01	1.93±0.04	1.98±0.03
35 °C	ND	2.29±0.06	1.69±0.30	1.90±0.01	1.93±0.04	1.93±0.04	1.93±0.04
45 °C	ND	1.48±0.01	1.39±0.12	1.81±0.05	1.81±0.05	1.54±0.09	1.63±0.21

หมายเหตุ : ND คือ ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 4.45 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านปริมาณปริมาณ *E.Coli* (MPN/g) ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
15 °C	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
25 °C	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
35 °C	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
45 °C	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3

จากการทดสอบคุณภาพทางด้านเคมีของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่ได้ พบว่า คุณภาพทางด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรด (ตารางที่ 4.41 และ 4.42) ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่ออุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น โดยที่ค่าความเป็นกรด-ด่างจะมีค่าอยู่ในช่วง 8.230 – 8.410 และปริมาณกรดจะมีค่าอยู่ในช่วง 0.149 – 0.241

จากการทดสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่ได้ พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (ตารางที่ 4.43) ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่ออุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น โดยที่ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจะมีค่าอยู่ในช่วง 2.65 – 2.95 Log cfu/g และแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่ได้ ตรวจไม่พบปริมาณเชื้อยีสต์และราในสัปดาห์ที่ 0, ส่วนในสัปดาห์ที่ 2 – 16 แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปมีปริมาณเชื้อยีสต์และราใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.44) ในช่วง 1.42 – 2.48 Log cfu/g และจากตารางที่ 4.45 พบว่าปริมาณ *E.Coli* ในแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปเท่ากับ <3 MPN/g

จากการทดลองข้างต้น ทำให้สามารถระบุปัจจัยที่จะนำไปคำนวณหาระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ต่อไป คือ คุณภาพทางกายภาพด้านค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw) ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป

- **การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านต่างๆ ของเค้กตาลหลังการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา**

จากการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เก็บรักษาไว้ที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆ (ตารางที่ 4.46) พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเค้กตาลสัปดาห์ที่ 0 มากกว่าเค้กตาลสัปดาห์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปสัปดาห์ที่ 2, 4, 6, 8 12 และ 16 จะมีคะแนนใกล้เคียงกัน โดยที่คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น และจากผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา พบว่า ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 8 เป็นต้นไป ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส น้อยกว่าเค้กตาลที่อุณหภูมิอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ความนุ่ม ความชุ่ม และความหวานของเค้กตาล พบว่า คะแนนมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่ออุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น โดยที่คุณภาพทางด้านกลิ่น ความนุ่ม ความชุ่ม และความหวานของเค้กตาลจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 5.60-6.83, 5.80-6.92, 5.80-6.92 และ 6.20-7.00ตามลำดับ

จากการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านความฟูของเค้กตาล (ตารางที่ 4.48) พบว่า ที่อุณหภูมิ 5 และ 45 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนคุณภาพด้าน ความฟูลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนที่อุณหภูมิ 15, 25 และ 35 องศาเซลเซียส คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความฟูมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น และจากผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา พบว่า สัปดาห์ที่ 12 และ 16 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความฟูของเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 45 องศาเซลเซียส น้อยกว่าเค้กตาลสำเร็จรูปที่อุณหภูมิอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากส่วนผสมส่วนใหญ่ในแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปประกอบไปด้วยส่วนผสมที่เป็นไขมันเป็นจำนวนมาก ส่วนประกอบที่เป็นไขมันเหล่านี้จะเสื่อมเสียได้ง่ายเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความฟูของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งเมื่อไขมันได้รับความเย็น (ที่อุณหภูมิ 5 องสาเซลเซียส) จะเกิดการแข็งตัวและเกาะตัวกันเป็นก้อน อีกทั้งเมื่อไขมันได้รับความร้อน (ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส) จะเกิดการหลอมละลายและจับตัวกันเป็นก้อนเช่นกัน ดั้งนั้นจึงส่งผลทำให้แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 45 องศาเซลเซียสเกิดการแข็งตัว และจับตัวรวมกันเป็นก้อน และเมื่อนำแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิดังกล่าวทำเค้ก ทำให้แป้งเค้กเกิดการละลายที่ไม่ดี เค้กที่ได้จึงไม่พองตัวขึ้นเท่าที่ควร ส่งผลมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความฟูต่ำกว่าเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.46 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	7.10±0.88^{c}	6.42±1.00^{b}	6.50±0.71^{b}	6.10±0.88^{a}	6.50±0.76^{bA}	6.10±1.36^{aA}	6.20±0.95^{aA}
15 °C	7.10±0.88^{b}	6.58±0.51^{ab}	5.90±1.37^{a}	6.30±0.67^{ab}	6.00±1.20^{aB}	6.13±0.64^{aB}	6.20±0.79^{aB}
25 °C	7.10±0.88^{b}	6.42±0.79^{ab}	7.10±0.88^{b}	6.40±0.84^{ab}	6.25±0.71^{aB}	6.63±0.74^{abB}	6.50±0.71^{abB}
35 °C	7.10±0.88^{b}	6.58±1.00^{ab}	5.70±1.64^{a}	6.50±0.85^{ab}	6.13±0.83^{abB}	6.50±0.71b^{B}	6.50±0.70^{abB}
45 °C	7.10±0.88^{b}	6.17±1.19^{ab}	5.90±1.20^{a}	6.10±0.88^{ab}	6.00±1.07^{aB}	6.13±1.13^{abB}	5.90±0.99^{aB}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก)ในแถวที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่)ในคอลัมน์ที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.47 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	6.50±1.18	6.25±0.87	6.50±1.08	5.90±1.20	6.00±1.20	5.75±1.49	5.60±1.07
15 °C	6.50±1.18	6.83±0.72	6.50±1.35	6.20±1.14	6.25±0.89	6.38±0.74	6.30±0.48
25 °C	6.50±1.18	6.42±0.79	6.80±1.32	6.40±0.84	6.13±1.25	6.50±1.31	6.10±1.10
35 °C	6.50±1.18	6.67±0.89	5.60±1.78	6.60±0.97	6.00±1.20	6.25±1.39	6.00±1.15
45 °C	6.50±1.18	6.50±1.38	6.10±0.99	6.20±0.42	6.00±1.07	6.00±1.07	5.90±0.99

ตารางที่ 4.48 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความฟูของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	6.60±0.89^{c}	6.50±0.90^{bc}	6.30±1.06^{abc}	6.30±0.48^{abcAB}	6.38±1.19^{abc}	5.38±0.92^{aA}	5.50±1.08^{abA}
15 °C	6.60±0.89	6.67±0.89	6.10±0.65	6.60±1.66^{B}	6.13±0.99	6.25±0.71^{B}	6.10±0.74^{B}
25 °C	6.60±0.89	6.75±1.06	6.90±0.99	6.80±1.14^{B}	6.75±1.16	6.50±1.07^{B}	6.33±1.00^{B}
35 °C	6.60±0.89	6.58±1.08	5.70±1.16	6.70±1.25^{B}	6.63±1.19	6.38±1.19^{B}	6.22±0.97^{B}
45 °C	6.60±0.89^{ab}	6.08±1.44^{ab}	5.70±1.25^{ab}	5.60±0.79^{aA}	5.88±0.99^{ab}	5.63±0.92^{aA}	5.20±0.92^{aA}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก)ในแถวที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่)ในคอลัมน์ที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.49 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	6.80±1.03	6.83±1.11	6.70±0.48	6.50±0.97	6.63±1.06	6.50±1.07	6.10±0.57
15 °C	6.80±1.03	6.67±0.89	6.50±1.27	6.80±0.79	6.25±1.28	6.38±1.19	6.30±0.67
25 °C	6.80±1.03	6.92±0.90	6.90±0.88	6.80±1.14	6.63±0.92	6.63±1.19	6.50±0.85
35 °C	6.80±1.03	6.75±1.29	6.50±0.71	6.70±1.16	6.50±0.93	6.50±1.20	6.40±0.84
45 °C	6.80±1.03	6.08±1.16	5.80±1.48	6.00±0.67	6.00±1.07	6.00±1.08	5.90±0.99

ตารางที่ 4.50 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชุ่มของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	6.40±1.71	6.75±1.22	6.50±1.08	6.40±0.84	5.88±1.36	6.13±1.46	5.80±1.03
15 °C	6.40±1.71	6.92±0.51	6.70±1.57	6.50±1.35	5.88±1.25	6.38±0.92	6.20±1.40
25 °C	6.40±1.71	6.25±1.29	6.60±0.52	6.20±1.40	6.63±0.52	6.38±0.92	6.13±0.99
35 °C	6.40±1.71	6.67±1.23	6.60±0.84	6.40±1.17	6.50±0.76	6.13±0.64	6.20±0.79
45 °C	6.40±1.71	6.08±1.56	6.10±1.20	5.90±0.88	6.00±1.07	6.13±1.13	5.80±0.92

ตารางที่ 4.51 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	6.7±1.42	6.83±1.11	6.90±0.74	6.30±1.16	6.13±1.37	6.25±1.28^{B}	6.20±1.23^{B}
15 °C	6.7±1.42	6.92±0.76	6.70±1.25	7.10±1.10	6.38±1.06	6.57±1.13^{B}	6.60±0.52^{B}
25 °C	6.7±1.42	6.58±1.16	6.90±1.10	6.40±1.35	6.50±0.76	6.63±0.74^{B}	6.20±0.92^{B}
35 °C	6.7±1.42	6.75±0.87	6.90±0.99	6.30±1.34	6.50±0.76	6.63±0.74^{B}	6.10±0.88^{B}
45 °C	6.7±1.42^{c}	6.58±1.16^{bc}	5.90±1.66^{abc}	5.80±1.14^{abc}	5.50±0.93^{ab}	5.13±0.64^{aA}	5.00±0.82^{aA}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก)ในแถวที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่)ในคอลัมน์ที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.52 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความหวานของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	6.70±1.77	6.83±0.83	6.60±1.17	6.40±1.17	6.38±1.19	6.75±0.71	6.50±1.27
15 °C	6.70±1.77	7.00±0.74	6.60±0.97	6.70±1.16	6.25±0.46	6.63±0.52	6.60±0.70
25 °C	6.70±1.77	6.83±0.72	7.00±1.15	6.70±1.77	7.00±1.20	6.88±0.64	6.70±0.67
35 °C	6.70±1.77	6.58±0.51	6.60±1.35	6.60±1.71	6.88±1.13	7.00±0.53	6.80±0.63
45 °C	6.70±1.77	6.92±0.79	6.40±0.84	6.30±0.48	6.38±0.52	6.38±0.52	6.20±0.63

ตารางที่ 4.53 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	7.00±0.94	6.83±0.72	6.70±1.06	6.60±0.84	6.38±1.19	6.63±0.92	6.50±0.71^{AB}
15 °C	7.00±0.94	7.08±0.67	6.60±1.17	7.00±0.82	6.50±0.93	6.88±0.83	7.00±0.58^{AB}
25 °C	7.00±0.94	6.92±0.67	6.80±1.03	6.80±0.79	6.88±0.99	6.75±0.46	6.70±0.67^{B}
35 °C	7.00±0.94	6.92±0.67	6.50±1.35	6.60±0.70	6.63±0.92	6.63±0.52	6.60±0.70^{AB}
45 °C	7.00±0.94^{b}	6.92±0.67^{b}	6.60±1.07^{ab}	6.20±0.42	6.25±0.71^{ab}	6.25±0.71^{ab}	5.90±0.74^{aA}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก)ในแถวที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่)ในคอลัมน์ที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของเค้กตาล (ตารางที่ 4.51) พบว่า ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนที่อุณหภูมิ 5, 15, 25 และ 35 องศาเซลเซียส คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น และจากการศึกษาถึงผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา พบว่า ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 12 เป็นต้นไป ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส น้อยกว่าเค้กตาลที่อุณหภูมิอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านรสชาติของเค้กตาล (ตารางที่ 4.53) พบว่า ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนคุณภาพด้านรสชาติลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนที่อุณหภูมิ 5, 15, 25 และ 35 องศาเซลเซียส คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น และจากการศึกษาถึงผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา พบว่า ในสัปดาห์ที่ 16 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส น้อยกว่าเค้กตาลที่อุณหภูมิอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปได้รับความร้อนจะเกิดการจับตัวกันเป็นก้อน เมื่อนำไปผลิตเป็นเค้กตาล เนื้อเค้กที่ได้จะมีก้อนของแป้งเค้กที่ไม่ละลายผสมอยู่ ทำให้เค้กตาลมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้งในด้านเนื้อสัมผัสและรสชาติต่ำกว่าเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5, 15, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของเค้กตาลสำเร็จรูป (ตารางที่ 4.54) พบว่า ที่อุณหภูมิ 25, 35 และ 45 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนคุณภาพด้านด้านการยอมรับโดยรวมลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนที่อุณหภูมิ 5 และ 15 องศาเซลเซียส คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น และจากการศึกษาถึงผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา พบว่า ในสัปดาห์ที่ 12 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส น้อยกว่าเค้กตาลที่อุณหภูมิอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และในสัปดาห์ที่ 16 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของ

เค้กตาลที่ผลิตจากแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส น้อยกว่าเค้กตาลที่อุณหภูมิอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพของเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ และเวลาต่างๆ พบว่า คุณภาพทางด้านค่ากิจกรรมของน้ำ แรงเฉือน และความชื้นของเค้กตาลมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาและอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น โดยที่คุณภาพทางด้านค่ากิจกรรมของน้ำ แรงเฉือน และความชื้นของเค้กตาล มีค่าอยู่ในช่วง 0.867-0.945, 4.09-6.56 และ 34.19-35.84 ตามลำดับ

จากการทดสอบคุณภาพทางค่าสี L a* b* และความหนาแน่นของเค้กตาลที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆ (ตารางที่ 4.56-4.58 และ 4.60) พบว่า เค้กตาลสัปดาห์ที่ 0 มีค่าสี L a* b* และความหนาแน่นมากกว่าเค้กตาลสัปดาห์อื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเค้กตาลสัปดาห์ที่ 2, 4, 6, 8 12 และ 16 จะมีค่าความสว่างใกล้เคียงกัน และอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าสี L a* b* และความหนาแน่นของเค้กตาล

จากการศึกษาคุณภาพทางด้านเคมีของเค้กตาลที่ผลิตจากแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ (ตารางที่ 4.62-4.63) พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดของเค้กตาลมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลา และอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น โดยที่คุณภาพทางด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดของเค้กตาลมีค่าอยู่ในช่วง 8.31-8.66 และ 0.049-0.079 ตามลำดับ

จากการทดสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของเค้กตาลที่ได้ พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (ตารางที่ 4.64) ของเค้กตาลสำเร็จรูปมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น โดยที่ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจะมีค่าอยู่ในช่วง 2.19 – 2.87 Log cfu/g และเค้กตาลสำเร็จรูปที่ได้ ตรวจไม่พบปริมาณเชื้อยีสต์และรา และมีปริมาณ E.Coli ในแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปน้อยกว่า 3 MPN/g

จากการทดลองข้างต้น ทำให้สามารถระบุปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพในด้านต่างๆของเค้กตาลสำเร็จรูป เพื่อนำไปคำนวณหาระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ได้แก่ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลสำเร็จรูป

ตารางที่ 4.54 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	6.90±0.65	6.67±0.92	6.80±0.70	6.60±1.36	6.13±1.16	6.25 ± 0.63^{B}	6.20 ± 0.63^{B}
15 °C	6.90±0.65	6.75±0.75	6.60±1.17	6.80±0.92	6.25±1.28	6.75 ± 0.89^{B}	6.75 ± 0.71^{B}
25 °C	6.90 ± 0.65^{b}	6.75 ± 0.87^{ab}	6.80 ± 1.03^{ab}	6.50 ± 0.85^{ab}	6.50 ± 0.53^{ab}	6.50 ± 0.76^{abB}	6.00 ± 0.82^{aB}
35 °C	6.90 ± 0.65^{b}	6.92 ± 0.67^{b}	6.10 ± 1.29^{ab}	6.10 ± 1.37^{ab}	6.25 ± 0.71^{ab}	6.13 ± 0.64^{abB}	5.80 ± 0.79^{aA}
45 °C	6.90 ± 0.65^{b}	6.42 ± 1.16^{b}	5.80 ± 1.23^{a}	6.20 ± 0.42^{ab}	6.00 ± 0.76^{ab}	5.63 ± 0.92^{aA}	5.60 ± 0.84^{aA}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก)ในแถวที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่)ในคอลัมน์ที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.55 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านค่ากิจกรรมของน้ำของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	0.923±0.032	0.899±0.008	0.936±0.011	0.928±0.011	0.897±0.017	0.916±0.014	0.931±0.012
15 °C	0.923±0.032	0.921±0.011	0.941±0.011	0.929±0.013	0.867±0.009	0.930±0.006	0.945±0.011
25 °C	0.923±0.032	0.921±0.021	0.935±0.009	0.940±0.006	0.965±0.011	0.933±0.017	0.911±0.011
35 °C	0.923±0.032	0.902±0.020	0.942±0.013	0.940±0.006	0.980±0.017	0.937±0.015	0.907±0.009
45 °C	0.923±0.032	0.920±0.013	0.932±0.011	0.921±0.018	0.916±0.023	0.953±0.020	0.929±0.022

ตารางที่ 4.56 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านค่าสี L ของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	63.11±0.62^{c}	58.12±0.60^{b}	52.76±2.03^{a}	53.69±0.71^{a}	54.79±1.37^{a}	53.79±2.04^{a}	53.37±0.92^{a}
15 °C	63.11±0.62^{e}	57.83±0.43^{d}	53.33±1.26a^{b}	51.62±1.41^{a}	54.79±1.37^{bc}	55.97±0.71^{c}	55.89±0.44^{c}
25 °C	63.11±0.62^{b}	56.93±1.21^{a}	56.78±0.64^{a}	57.23±0.58^{a}	57.55±0.31^{a}	57.10±0.21^{a}	57.73±0.44^{a}
35 °C	63.11±0.62^{c}	58.65±0.62^{b}	55.97±2.12^{a}	57.31±0.64^{abc}	57.38±0.02^{ab}	57.30±0.30^{ab}	57.76±0.42^{b}
45 °C	63.11±0.62^{d}	53.25±0.30^{c}	52.40±1.00^{bc}	52.48±0.55^{bc}	51.00±0.63^{a}	52.60±0.63^{bc}	51.90±0.28^{ab}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก)ในแถวที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.57 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านค่าสี a* ของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	2.69±0.11^{c}	1.37±0.04^{ab}	1.15±0.25^{a}	1.72±0.16^{cd}	1.76±0.25^{d}	1.78±0.10^{d}	1.46±0.12^{bc}
15 °C	2.69±0.11^{c}	1.46±0.20^{ab}	1.46±0.12^{ab}	1.78±0.17^{b}	1.76±0.25^{b}	1.40±0.07^{a}	1.47±0.22^{ab}
25 °C	2.69±0.11^{b}	1.56±0.07^{a}	1.39±0.43^{a}	1.64±0.13^{a}	1.60±0.21^{a}	1.66±0.26^{a}	1.66±0.09^{a}
35 °C	2.69±0.11^{b}	1.54±0.05^{a}	1.42±0.41^{a}	1.60±0.06^{a}	1.57±0.16^{a}	1.62±0.32^{a}	1.80±0.16^{a}
45 °C	2.69±0.11^{c}	1.83±0.24^{ab}	1.89±0.22^{ab}	1.65±0.47^{ab}	2.07±0.13^{b}	1.55±0.12^{a}	2.06±0.12^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก)ในแถวที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.58 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านค่าสี b* ของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	27.93±0.53^{d}	18.23±0.46^{abc}	17.12±0.37^{a}	18.43±0.24^{bc}	27.45±1.35^{d}	17.76±0.57^{ab}	19.00±0.23^{c}
15 °C	27.93±0.53^{c}	18.05±0.32^{ab}	16.79±0.80^{a}	18.05±0.94^{ab}	27.45±1.35^{c}	18.40±0.55^{b}	18.46±0.51^{b}
25 °C	27.93±0.53^{c}	17.82±0.38^{a}	18.99±0.22^{b}	18.04±0.83^{ab}	17.44±0.92^{a}	17.78±0.50^{a}	17.76±0.51^{a}
35 °C	27.93±0.53^{e}	19.28±0.38^{b}	18.66±0.75^{ab}	18.16±0.62^{a}	17.75±0.43^{a}	18.04±0.16^{a}	17.83±0.64^{a}
45 °C	27.93±0.53^{c}	16.45±0.20^{a}	17.13±0.04^{ab}	17.50±0.52^{b}	16.83±0.25^{ab}	17.44±0.57^{b}	16.62±0.44^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก)ในแถวที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.59 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านแรงเฉือน (นิวตัน) ของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	5.53±0.78	5.75±2.19	5.80±0.42	5.98±0.46	6.26±1.34	5.51±0.38	5.64±0.98
15 °C	5.53±0.78	5.35±0.90	5.47±0.49	5.58±0.67	6.26±1.34	5.15±1.30	5.30±1.44
25 °C	5.53±0.78	5.56±2.05	5.09±0.45	4.47±0.80	4.85±0.89	4.41±0.78	5.42±1.16
35 °C	5.53±0.78	5.17±2.01	4.14±0.93	4.50±0.88	4.85±0.90	4.32±0.82	4.83±1.05
45 °C	5.53±0.78	5.71±0.94	5.80±0.32	5.26±0.53	5.42±0.60	5.27±1.18	5.44±0.47

ตารางที่ 4.60 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	1.07±0.19^{d}	0.54±0.04^{ac}	0.78±0.02^{c}	0.63±0.02^{ab}	0.65±0.06^{b}	0.64±0.06^{ab}	0.70±0.06^{bc}
15 °C	1.07±0.19^{e}	0.62±0.09^{ab}	0.83±0.01^{d}	0.56±0.02^{a}	0.65±0.06^{abc}	0.75±0.06^{cd}	0.69±0.03^{bc}
25 °C	1.07±0.19^{c}	0.61±0.05^{a}	0.96±0.04^{b}	0.72±0.06^{a}	0.68±0.01^{a}	0.69±0.09^{a}	0.72±0.04^{a}
35 °C	1.07±0.19^{c}	0.63±0.03^{a}	0.95±0.09^{b}	0.72±0.06^{a}	0.64±0.03^{a}	0.67±0.06^{a}	0.70±0.02^{a}
45 °C	1.07±0.19^{d}	0.65±0.06^{a}	0.90±0.05^{c}	0.68±0.04^{a}	0.72±0.04^{ab}	0.79±0.05^{b}	0.68±0.03^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก)ในแถวที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.61 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านความชื้น (ร้อยละ) ของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	35.62±3.97	35.75±0.55	34.72±0.25	34.29±0.09	35.42±0.49	34.76±6.26	35.84±13.64
15 °C	35.62±3.97	34.47±0.11	34.56±1.04	35.43±0.53	35.42±0.49	35.53±7.55	34.59±6.97
25 °C	35.62±3.97	35.18±0.35	34.53±0.26	34.19±5.13	35.51±0.18	34.42±0.35	35.40±9.57
35 °C	35.62±3.97	35.61±3.97	35.08±1.35	34.19±0.13	34.51±5.13	35.42±0.18	35.40±0.35
45 °C	35.62±3.97	34.12±2.59	34.55±0.54	34.32±0.04	34.94±1.84	34.52±8.06	35.32±6.32

ตารางที่ 4.62 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านความเป็นกรด-ด่างของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	8.65±0.09	8.53±0.30	8.64±0.03	8.31±0.06	8.72±0.03	8.60±0.05	8.61±0.07
15 °C	8.65±0.09	8.61±0.01	8.66±0.01	8.31±0.06	8.70±0.03	8.65±0.02	8.59±0.02
25 °C	8.65±0.09	8.57±0.03	8.63±0.03	8.77±0.18	8.60±0.02	8.44±0.13	8.63±0.02
35 °C	8.65±0.09	8.54±0.02	8.61±0.03	8.77±0.18	8.58±0.02	8.45±0.14	8.60±0.04
45 °C	8.65±0.09	8.50±0.09	8.63±0.05	8.57±0.03	8.59±0.10	8.66±0.24	8.64±0.02

ตารางที่ 4.63 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านปริมาณกรด (ร้อยละ) ของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	0.056±0.001	0.070±0.001	0.079±0.008	0.054±0.004	0.079±0.008	0.063±0.012	0.065±0.008
15 °C	0.056±0.001	0.056±0.001	0.077±0.012	0.070±0.014	0.084±0.001	0.049±0.037	0.075±0.008
25 °C	0.056±0.001	0.061±0.008	0.068±0.004	0.061±0.008	0.065±0.008	0.070±0.001	0.065±0.008
35 °C	0.056±0.001	0.070±0.001	0.072±0.018	0.061±0.008	0.065±0.008	0.065±0.008	0.061±0.008
45 °C	0.056±0.001	0.065±0.008	0.070±0.004	0.065±0.008	0.070±0.001	0.075±0.008	0.065±0.008

ตารางที่ 4.64 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Log cfu/g) ของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	2.19±0.02	2.30±0.01	2.39±0.12	2.39±0.12	2.15±0.21	2.48±0.01	2.30±0.01
15 °C	2.19±0.02	2.60±0.01	2.60±0.12	2.60±0.09	2.60±0.21	2.60±0.12	2.60±0.09
25 °C	2.19±0.02	2.65±0.07	2.60±0.10	2.54±0.09	2.60±0.01	2.59±0.16	2.60±0.01
35 °C	2.19±0.02	2.30±0.10	2.54±0.09	2.54±0.09	2.60±0.01	2.54±0.09	2.54±0.09
45 °C	2.19±0.02	2.87±0.04	2.48±0.01	2.48±0.01	2.39±0.12	2.48±0.01	2.54±0.09

ตารางที่ 4.65 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านปริมาณเชื้อยีสต์และรา (Log cfu/g) ของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
15 °C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
25 °C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
35 °C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
45 °C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ : ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

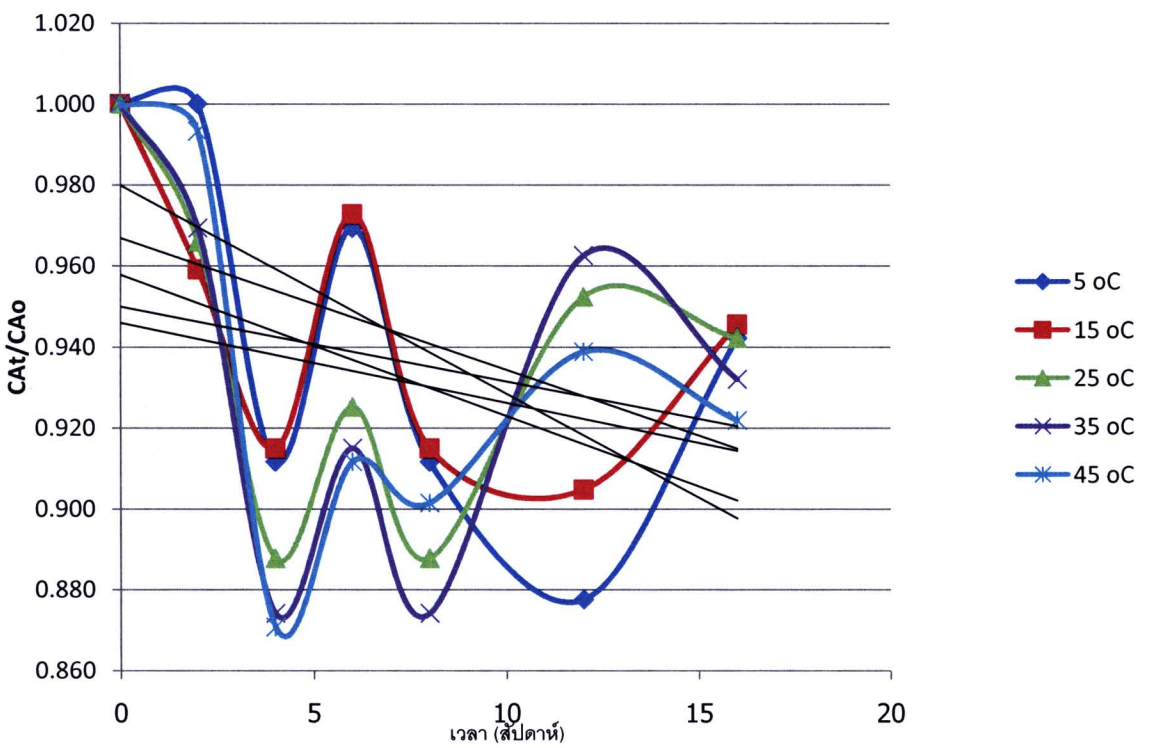
ตารางที่ 4.66 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านปริมาณเชื้อ E.Coli (MPN/g) ของเค้กตาลจากการคืนรูปแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปในระหว่างการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สัปดาห์ที่						
	0	2	4	6	8	12	16
5 °C	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
15 °C	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
25 °C	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
35 °C	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
45 °C	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3

- **การคาดคะเนอายุในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูป**

การทดลองนี้จะทำการคำนวณหาระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยปัจจัยที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป ได้แก่ คุณภาพทางกายภาพด้านค่ากิจกรรมของน้ำของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป (ตารางที่ 4.36) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลสำเร็จรูป (ตารางที่ 4.46)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.36 เมื่อนำผลการทดลองมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากิจกรรมของน้ำของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปกับเวลาเพื่อหาอันดับของปฏิกิริยา พบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของน้ำของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปเป็นปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (n=0) คือ มีการเปลี่ยนแปลงของค่ากิจกรรมของน้ำกับเวลาเป็นเส้นตรง(ภาพที่ 4.3)



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง C_A/C_0 กับเวลา

จากภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของน้ำของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปเป็นปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (n=0) ดังนั้นจึงสามารถหาอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของน้ำของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป หรือค่า k ได้จากสมการ Arrhenius ดังนี้

$$C_{At} = -kt + C_{A0}$$

เมื่อ C_{At} = ค่ากิจกรรมของน้ำที่สนใจที่เวลา t

C_{Ao} = ค่ากิจกรรมของน้ำเริ่มต้น

t = เวลา

k = อัตราเร็วของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิใดๆ

จากสมการของปฏิกิริยาข้างต้น ค่าความชันของกราฟแสดงถึงอัตราเร็วของปฏิกิริยา หรือค่า k โดยเครื่องหมายลบ (–) แสดงถึงทิศทางของปฏิกิริยาที่ลดลง สำหรับสมการของปฏิกิริยาอันดับศูนย์ของการเก็บรักษาแต่ละอุณหภูมิ แสดงดังนี้

ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส $Y= -0.005x + 0.979$ $R^2= 0.374$

ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส $Y= -0.003x + 0.966$ $R^2= 0.271$

ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส $Y= -0.001x + 0.958$ $R^2= 0.064$

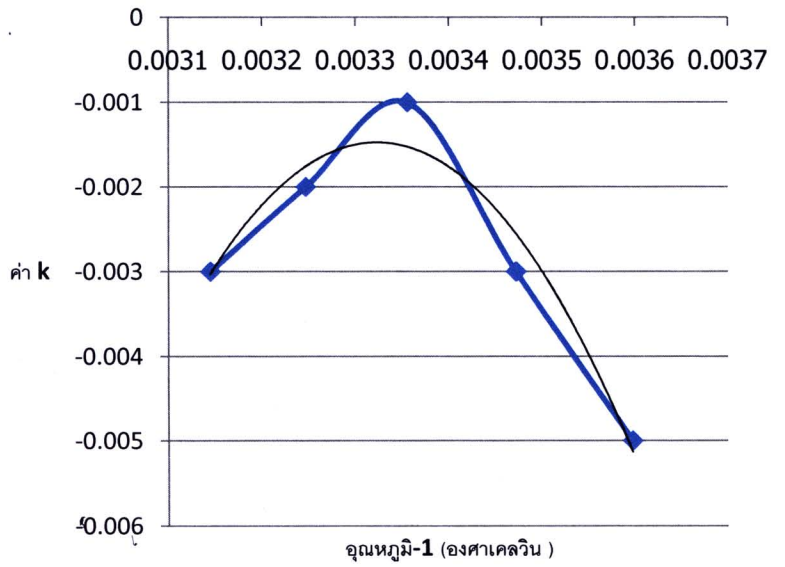
ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส $Y= -0.002x + 0.946$ $R^2= 0.053$

ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส $Y= -0.003x + 0.957$ $R^2= 0.170$

ดังนั้นสามารถสรุปอัตราเร็วของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่างๆ (k_T) ได้ดังตารางที่ 4.67 และนำค่า k ที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า k กับอุณหภูมิ$^{-1}$ ในหน่วยองศาเคลวิน ได้ดังภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.67 อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงปริมาณค่ากิจกรรมของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิการเก็บรักษา		**อัตราเร็วของปฏิกิริยา (k_T)**
องศาเซลเซียส	**องศาเคลวิน**	
5	278	-0.005
15	288	-0.003
25	298	-0.001
35	308	-0.002
45	318	-0.003



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของน้ำของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่อุณหภูมิต่างๆ

จากภาพที่ 4.4 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วปฏิกิริยา และการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของน้ำของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่อุณหภูมิต่างๆ และมีสมการถดถอยดังนี้

$$k = -48{,}744(T)^2 + 323.9(T) - 0.539$$

เมื่อ k = อัตราเร็วของปฏิกิริยา

T = อุณหภูมิในหน่วยองศาเคลวิน

สมการที่ได้จะถูกใช้คาดคะเนอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของน้ำของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป โดยแทนค่าอุณหภูมิที่ต้องการทราบอายุการเก็บรักษา จากนั้นนำค่า k ที่คำนวณได้แทนค่าลงในสมการของ Arrhenius ดังนี้

$$C_{At} = -kt + C_{A0}$$

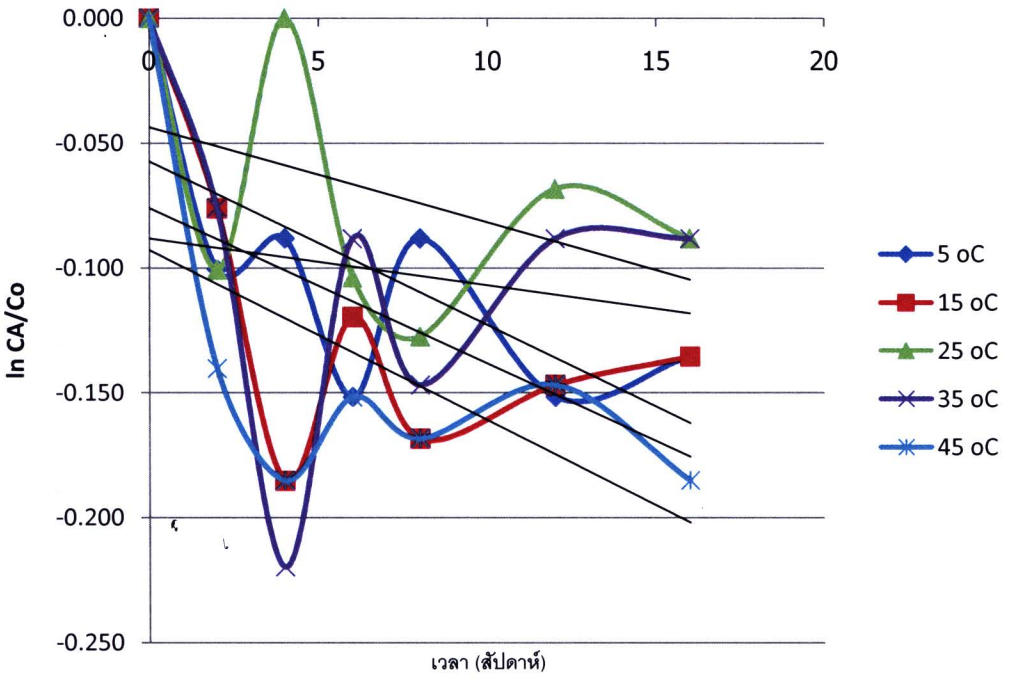
โดยดัชนีบ่งชี้การเสื่อมคุณภาพจะกำหนดค่ากิจกรรมของน้ำที่ยอมรับได้ คือ ไม่เกิน 0.700 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปจะมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ดังตารางที่ 4.68

ตารางที่ 4.68 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่อุณหภูมิต่าง เมื่อใช้ค่ากิจกรรมของน้ำเป็นตัวชี้วัด

อุณหภูมิการเก็บรักษา	อัตราการเกิดปฏิกิริยา (k)	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)
5	-0.00460	88
15	-0.00202	201
25	-0.00098	414
35	-0.00121	336
45	-0.00247	164

จากตารางที่ 4.68 พบว่า เมื่อใช้ค่ากิจกรรมของน้ำของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปเป็นดัชนีชี้วัด ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสมีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุดคือ 88 สัปดาห์ หรือ 22 เดือน และตามด้วยที่อุณหภูมิ 45, 15 และ 35 องศาเซลเซียสตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิที่สามารถเก็บรักษาแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปไว้ได้นานที่สุดเมื่อใช้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลสำเร็จรูปเป็นดัชนีชี้วัด คือ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 414 สัปดาห์หรือ 103 เดือน

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.46 เมื่อนำผลการทดลองมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลสำเร็จรูปกับเวลาเพื่อหาอันดับของปฏิกิริยา พบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลสำเร็จรูปเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (n=1) คือ มีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีกับเวลาเป็นแบบ Logarithmic (ภาพที่ 4.6)



ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง ln C_{At}/C_{Ao} กับเวลา

จากภาพที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลสำเร็จรูปเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (n=1) ดังนั้นจึงสามารถหาอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลสำเร็จรูป หรือค่า k ได้จากสมการ Arrhenius ดังนี้

$$\ln (C_{At}/C_{Ao}) = -kt$$

เมื่อ C_{At} = คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีที่สนใจที่เวลา t

C_{Ao} = คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเริ่มต้น

t = เวลา

k = อัตราเร็วของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิใดๆ

จากสมการของปฏิกิริยาข้างต้น ค่าความชันของกราฟแสดงถึงอัตราเร็วของปฏิกิริยาหรือค่า k โดยเครื่องหมายลบ (-) แสดงถึงทิศทางของปฏิกิริยาที่ลดลง สำหรับสมการของปฏิกิริยาอันดับศูนย์ของการเก็บรักษาแต่ละอุณหภูมิ แสดงดังนี้

ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส Y= -0.006x - 0.057 R^2= 0.485

ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส Y= -0.006x - 0.076 R^2= 0.308

ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส Y= -0.003x - 0.043 R^2= 0.178

ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส Y= -0.001x - 0.088 R^2= 0.024

ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส Y= -0.006x - 0.093 R^2= 0.358

ดังนั้นสามารถสรุปอัตราเร็วของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่างๆ (k_T) ได้ดังตารางที่ 4.69 และนำค่า k ที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า k กับอุณหภูมิ$^{-1}$ ในหน่วยองศาเคลวินได้ดังภาพที่ 4.7

ตารางที่ 4.69 อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงปริมาณคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีที่อุณหภูมิต่างๆ

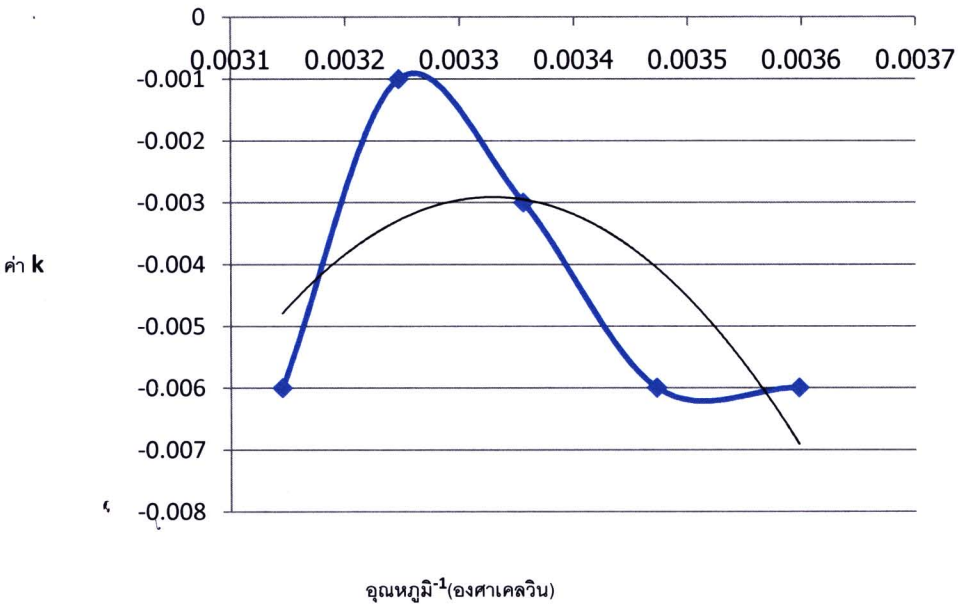
อุณหภูมิการเก็บรักษา		**อัตราเร็วของปฏิกิริยา (k_T)**
องศาเซลเซียส	**องศาเคลวิน**	
5	278	0.006
15	288	0.006
25	298	0.003
35	308	0.001
45	318	0.006

จากภาพที่ 4.7 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วปฏิกิริยา และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลสำเร็จรูปที่อุณหภูมิต่างๆ และมีสมการถดถอยดังนี้

$$k = -55{,}441(T)^2 + 369.0(T) - 0.617$$

เมื่อ k = อัตราเร็วของปฏิกิริยา

T = อุณหภูมิในหน่วยองศาเคลวิน



ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลสำเร็จรูปที่อุณหภูมิต่างๆ

สมการที่ได้จะถูกใช้คาดคะเนอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลสำเร็จรูป โดยแทนค่าอุณหภูมิที่ต้องการทราบอายุการเก็บรักษา จากนั้นนำค่า k ที่คำนวณได้แทนค่าลงในสมการของ Arrhenius ดังนี้

$$\ln (C_{At}/C_{Ao}) = -kt$$

โดยดัชนีบ่งชี้การเสื่อมคุณภาพจะกำหนดค่าคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีที่ยอมรับได้ คือ ไม่ต่ำกว่า 4 คะแนน ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปจะมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆดังตารางที่ 4.70

ตารางที่ 4.70 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่อุณหภูมิต่าง เมื่อใช้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลสำเร็จรูปเป็นตัวชี้วัด

อุณหภูมิการเก็บรักษา	อัตราการเกิดปฏิกิริยา (k)	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)
5	-0.00703	82
15	-0.00416	138
25	-0.00305	188
35	-0.00337	170
45	-0.00487	118

จากตารางที่ 4.70 พบว่า เมื่อใช้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลเป็นดัชนีชี้วัดที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสมีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุดคือ 82 สัปดาห์ หรือ 20.4 เดือน และตามด้วยที่อุณหภูมิ 45, 35 และ 15 องศาเซลเซียสตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิที่สามารถเก็บรักษาแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปไว้ได้นานที่สุดเมื่อใช้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลเป็นดัชนีชี้วัด คือ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 188 สัปดาห์หรือ 46.99 เดือน

และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาแป้งเค้กตาลสำเร็จรูประหว่างการใช้ค่ากิจกรรมของน้ำของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านสีของเค้กตาลเป็นดัชนีชี้วัดอายุการเก็บรักษาแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่น้อยที่สุด 82 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เพราะฉะนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า อายุในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แป้งเค้กตาลสำเร็จรูปเท่ากับ 82 สัปดาห์

การทดลองที่ 4 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม

การทดลองนี้จะทำการผลิตเค้กตาลด้วยแป้งเค้กตาลสำเร็จรูปที่ผ่านการพัฒนา นำมาศึกษาคุณค่าทางโภชนาการพร้อมจัดทำฉลากโภชนาการ (ภาพที่ 4.8) ตลอดจนออกแบบบรรจุภัณฑ์ (ภาพที่ 4.9)

ข้อมูลโภชนาการ			
หนึ่งหน่วยบริโภค : ½ ชิ้น (100 กรัม)			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อกล่อง : 2			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด 320 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 150 กิโลแคลอรี)			
		ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*	
ไขมันทั้งหมด	17 ก.	26%	
ไขมันอิ่มตัว	15 ก.	75%	
โคเลสเตอรอล	30 มก.	10%	
โปรตีน	6 ก.		
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	35 ก.	12%	
ใยอาหาร	1 ก.	4%	
น้ำตาล	15 ก.		
โซเดียม	250มก.	10%	
		ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*	
วิตามินเอ	15%	**วิตามินบี 1**	2%
วิตามินบี 2	8%	**แคลเซียม**	4%
เหล็ก	8%		
*ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่างๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2,400	มก.
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9; โปรตีน = 4; คาร์โบไฮเดรต = 4			

ภาพที่ 4.8 ฉลากโภชนาการของเค้กตาลสำเสร็จรูป

ภาพที่ 4.9 บรรจุภัณฑ์และฉลากบรรจุภัณฑ์ของแป้งเค้กตาลสำเร็จรูป

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดคณะวิจัย