ได้โดยต้องทำการปรับที่กระบวนการผลิต โดยให้เอนไซม์ลินามาเรสสามารถทำงานได้นานยิ่งขึ้น และ/หรือ เติมเอนไซม์ลินามาเรสเพิ่มเข้าไปในระบบซึ่งคาดว่าจะสามารถลดไซยาไนด์ส่วนที่เกินได้

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์ในฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการผลิตจากหัวมันสำปะหลังที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 6, 8, 10 และ 12 เดือน และพบว่ากระบวนการผลิตฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการคัดเลือกในงานวิจัยไม่สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ในมันสำปะหลังที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 6 และ 8 เดือนได้ เนื่องจากปริมาณไซยาไนด์เริ่มต้นที่มีอยู่ในเนื้อมันสำปะหลังมีปริมาณมากกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง ทำให้ฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตได้มีปริมาณไซยาไนด์หลงเหลืออยู่มากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งเกินมาตรฐานที่ FAO/WHO กำหนดไว้ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณไซยาไนด์ที่หลงเหลืออยู่ในฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตได้ที่อายุการเก็บเกี่ยวดังกล่าวยังมีปริมาณน้อยกว่า 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งมาตรฐานของประเทศอินโดนีเซียกำหนดไว้ที่ไม่เกิน 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง (Cardoso *et al.,* 2005) ดังนั้นในงานวิจัยขั้นต่อไปจึงทำการศึกษาคุณภาพของฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อไป

การวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยอาหารในฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 36 เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 พบว่าฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยว 10 เดือน มีปริมาณเส้นใยอาหารต่ำกว่า ฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวอื่นๆ ปริมาณเส้นใยละลายมีปริมาณไม่แตกต่างกัน และพบว่าฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยว 6 และ 8 เดือน มีปริมาณเส้นใยหยาบไม่แตกต่างกันและมีปริมาณสูงกว่าที่อายุ 10 และ 12 เดือน เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการได้รับปริมาณน้ำฝนของต้นมันสำปะหลัง พบว่าเมื่อต้นมันสำปะหลังได้รับปริมาณน้ำฝนจะมีผลทำให้พืชสร้างเส้นใยอาหารมากขึ้น และพบว่าเมื่อมันสำปะหลังมีอายุมากขึ้นปริมาณเส้นใยหยาบจะมีปริมาณลดลง

ตารางที่ 36 ปริมาณเส้นใยอาหาร เส้นใยละลาย และเส้นใยหยาบในฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ

อายุการเก็บเกี่ยว (เดือน)	ปริมาณ (%โดยน้ำหนักแห้ง)		
	เส้นใยอาหาร (Dietary fiber)	เส้นใยละลาย (Soluble fiber)	เส้นใยหยาบ (Crude fiber)
6	5.63 ± 0.22^{a}	1.58 ± 0.24^{ns}	2.08 ± 0.16^{a}
8	5.21 ± 0.67^{a}	1.65 ± 0.08^{ns}	2.04 ± 0.10^{a}
10	4.61 ± 0.27^{b}	1.81 ± 0.25^{ns}	1.52 ± 0.05^{b}
12	5.20 ± 0.10^{ab}	1.75 ± 0.14^{ns}	1.49 ± 0.03^{b}

หมายเหตุ a,b,c... ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

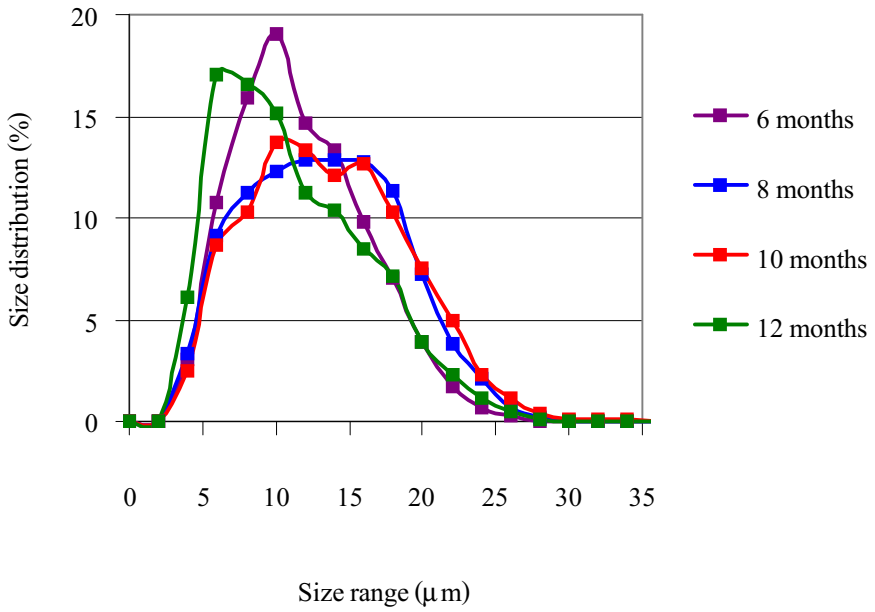
4.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ก. การวัดขนาดของเม็ดแป้ง

ขนาดของเม็ดแป้งมันสำปะหลังจะอยู่ในช่วง 3 ถึง 30 ไมครอน จากการศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังต่อขนาดการกระจายตัวของเม็ดแป้ง ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 20 และ 21 พบว่าขนาดและการกระจายตัวของเม็ดแป้งที่อายุการเก็บเกี่ยว 6 เดือน ขนาดการกระจายตัวของเม็ดแป้งจะมีขนาดค่อนข้างไปในทิศทางที่มีขนาดเล็ก และลักษณะผิวของเม็ดแป้งมีลักษณะที่ไม่สมบูรณ์ ขรุขระ โดยการกระจายตัวของเม็ดแป้งที่มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 10 จะมีการกระจายตัวอยู่ในช่วงขนาด 6 ถึง 18 ไมครอน เมื่ออายุการเก็บเกี่ยวหัวมันเพิ่มมากขึ้น พบว่าที่ 8 และ 10 เดือน ขนาดของเม็ดแป้งจะมีการกระจายตัวในขนาดที่ใหญ่ขึ้น โดยที่ 8 และ 10 เดือน การกระจายตัวของเม็ดแป้งที่มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 10 จะมีการกระจายตัวอยู่ในช่วงขนาด 6 ถึง 21 ไมครอน และที่ 12 เดือน พบว่าการกระจายตัวของเม็ดแป้งมีขนาดค่อนข้างไปในทิศทางที่มีขนาดเล็ก โดยการกระจายตัวของเม็ดแป้งที่มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 10 จะมีการกระจายตัวอยู่ในช่วงขนาด 4 ถึง 18 ไมครอน จากการทดลองพบว่ามันสำปะหลังที่ทำการเก็บเกี่ยวที่อายุ 6 และ 12 เดือน นั้น ในช่วงขณะเก็บเกี่ยวมีฝนตก เม็ดแป้งจะมีการกระจายตัวไปในทิศทางที่มีขนาดเล็ก ส่วนที่อายุการเก็บเกี่ยว 8 และ 10 เดือน อยู่ในช่วงแล้งไม่มีฝนตกเม็ดแป้งจะมีขนาดค่อนข้างไปในทิศทางที่มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sriroth *et al.*(1999) และ Santisopasri *et*

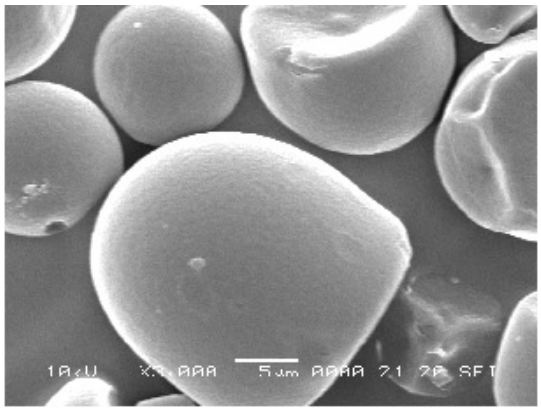
al.(2001) ที่พบว่ามันสำปะหลังที่ทำการปลูกในช่วงก่อนฤดูฝนขนาดของเม็ดแป้งที่ทำการเก็บเกี่ยวในช่วงที่ต้นมันได้รับปริมาณน้ำฝนที่มากจะมีขนาดของเม็ดแป้งขนาดเล็กมากกว่าในช่วงการเก็บเกี่ยวที่ได้รับปริมาณน้ำฝนน้อย

ฟลาวมันสำปะหลังเมื่อนำไปส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 300 เท่า แสดงดังภาพที่ 22 โดยฟลาวมันสำปะหลังจะมีเม็ดแป้งมันสำปะหลัง และมีเส้นใย เป็นส่วนประกอบ โดยความชัดเจนของเม็ดแป้งที่ส่องกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 300 เท่า จะไม่ละเอียดเท่าส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนที่กำลังขยาย 3,000 เท่า แต่โดยรวมสามารถสังเกตขนาดของเม็ดแป้งได้ว่า ที่อายุการเก็บเกี่ยว 6 และ 12 เดือน เม็ดแป้งโดยส่วนใหญ่จะมีขนาดเม็ดเล็กกว่าที่อายุการเก็บเกี่ยว 8 และ 10 เดือน

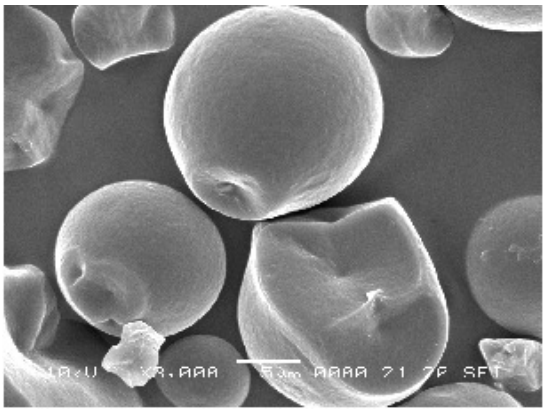


ภาพที่ 20 การกระจายตัวของเม็ดแป้งในหัวมันที่อายุการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ

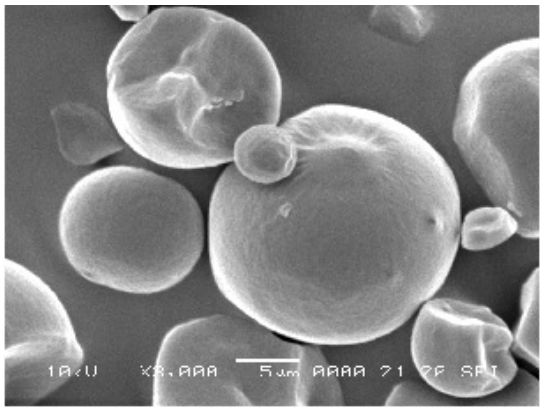
6 เดือน



8 เดือน

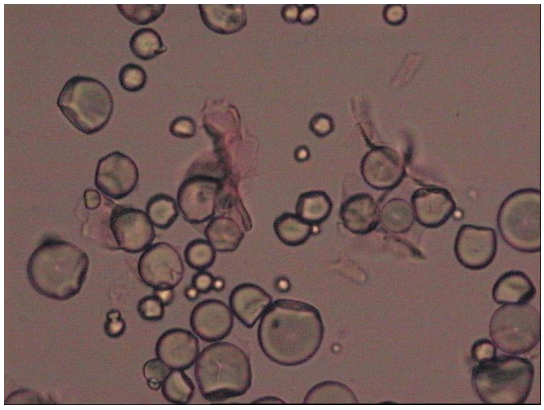


10 เดือน

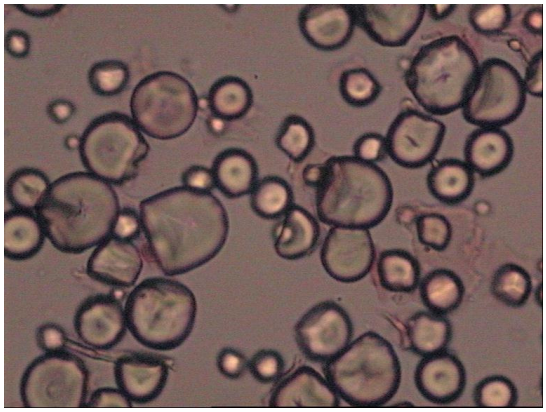


12 เดือน

<u>ภาพที่ 21</u> ลักษณะของเม็ดแป้งที่อายุการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอน (กำลังขยาย 3,000 เท่า)



6 เดือน



8 เดือน

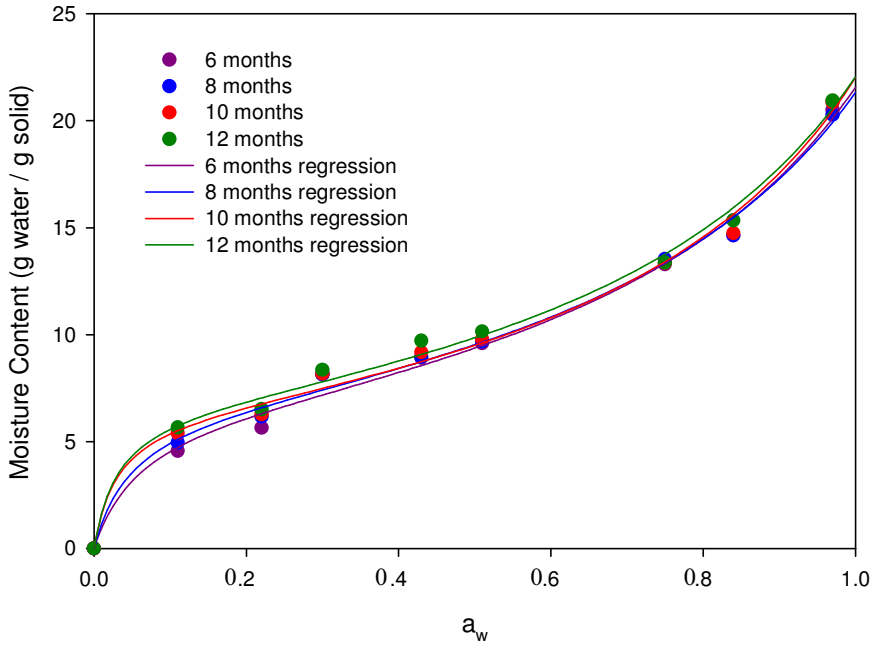
10 เดือน

12 เดือน

ภาพที่ 22 ลักษณะของเม็ดแป้งและเส้นใยในฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 300 เท่า)

ข. การวิเคราะห์ Moisture Sorption Isotherm

จากการทดลองศึกษา Moisture Sorption Isotherm ของฟลาวมันสำปะหลัง (ภาพที่ 23) พบว่าฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างกันมีลักษณะของ Moisture Sorption Isotherm เป็นรูป Sigmoid type II ซึ่งเป็นลักษณะกราฟทั่วไปของอาหารแห้ง (Labuza, 1984) กราฟที่ได้สามารถหาความสัมพันธ์ได้ โดยใช้ Guggenheim Anderson DeBoer (GAB) model ในการสร้างสมการ ได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ดังภาพที่ 23



ภาพที่ 23 Moisture Sorption Isotherm ของฟลาวมันสำปะหลังที่มีอายุการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ

ตารางที่ 37 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้จากการนำแบบจำลองของ Guggenheim Anderson DeBoer (GAB) model มาทำนายข้อมูล Moisture sorption isotherm ของฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

อายุการเก็บกี่ยว	ค่าต่างๆ ของพารามิเตอร์ใน GAB model				R^2
(เดือน)	*C*	*K*	*M*	a_w *	
6	23.69 [b]	0.70 [a]	6.56 [a]	0.24 [a]	0.99
8	29.91 [b]	0.69 [a]	6.61 [a]	0.23 [a]	0.99
10	47.13 [a]	0.71 [a]	6.34 [b]	0.18 [b]	0.99
12	41.06 [a]	0.69 [a]	6.75 [a]	0.20 [a]	0.99

หมายเหตุ

a,b,c... ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

M คือ ปริมาณความชื้นในระดับชั้นโมโนเลเยอร์

C คือ ค่าคงที่ของ Guggenheim

K คือ ค่าแฟคเตอร์ของโมเลกุลของน้ำที่ชั้นต่างๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับน้ำในส่วนน้ำอิสระ

* a_w ได้จากการคำนวณ ณ จุดโมโนเลเยอร์

จากสมการความสัมพันธ์ที่ได้ในตารางที่ 37 พบว่าฟลาวมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวที่อายุ 10 เดือน มีค่า M ซึ่งแสดงถึงปริมาณความชื้นในระดับชั้นโมโนเลเยอร์ที่ต่ำกว่าฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บเกี่ยวที่อายุอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเมื่อทำการคำนวณค่า a_w ที่ปริมาณความชื้นในระดับชั้นโมโนเลเยอร์โดยใช้โมเดลที่ได้จากการทดลองของฟลาวที่อายุ 6, 8, 10 และ 12 เดือน พบว่ามีค่า a_w เท่ากับ 0.24, 0.23, 0.18 และ 0.20 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟลาวจากมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุการเก็บเกี่ยว 10 เดือน มีโอกาสที่จะเกิดการเสื่อมเสียได้ง่ายกว่าฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยว 6, 8 และ 12 เดือน เนื่องจากฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยว 10 เดือน จะมีปริมาณน้ำอิสระมากกว่าที่เดือนอื่นๆ นอกจากนี้ deMan (1999) ได้อธิบายไว้ว่าลักษณะกราฟในช่วงโมโนเลเยอร์หากมีความชันมาก แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี (hygroscopic material) จากกราฟที่ได้ในภาพที่ 23 พบว่าความชันของกราฟในช่วงโมโนเลเยอร์ของฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยว 10 เดือนจะมีค่าความชันต่ำกว่าที่อายุการเก็บเกี่ยวอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าฟลาวมันสำปะหลังอายุการเก็บเกี่ยว 10 เดือนจะมีความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำ

ค. การวิเคราะห์การดูดซับน้ำของฟลาว

ผลการดูดซับน้ำของฟลาวมันสำปะหลังที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 6, 8, 10 และ 12 เดือน แสดงดังตารางที่ 38

ตารางที่ 38 ค่าการดูดซับน้ำของฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ

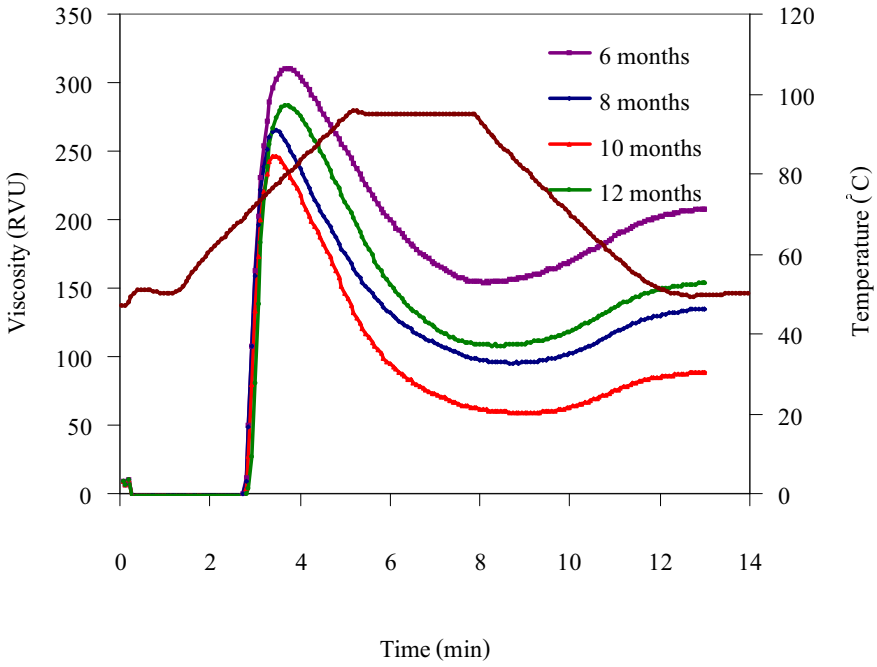
อายุการเก็บเกี่ยว (เดือน)	ค่าการดูดซับน้ำ (g/g ตัวอย่างโดยน้ำหนักแห้ง)
6	1.39 ± 0.00^{a}
8	1.24 ± 0.01^{c}
10	1.18 ± 0.02^{d}
12	1.29 ± 0.04^{b}

หมายเหตุ a,b,c... ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากผลการดูดซับน้ำของฟลาวมันสำปะหลังที่ได้จากมันสำปะหลังที่มีอายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ กัน พบว่าฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยว 10 เดือน มีค่าการดูดซับน้ำต่ำที่สุด เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งค่าที่ได้สอดคล้องกับการทำนายการดูดซับน้ำที่ได้จากการดูค่าความชันของกราฟ Sorption Isotherm ในช่วงที่เป็นโมโนเลเยอร์ จากกราฟพบว่าค่าความชันของกราฟฟลาวมันสำปะหลัง 10 เดือน ในช่วงความชื้นของโมโนเลเยอร์มีค่าความชันต่ำกว่าฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวอื่นๆ

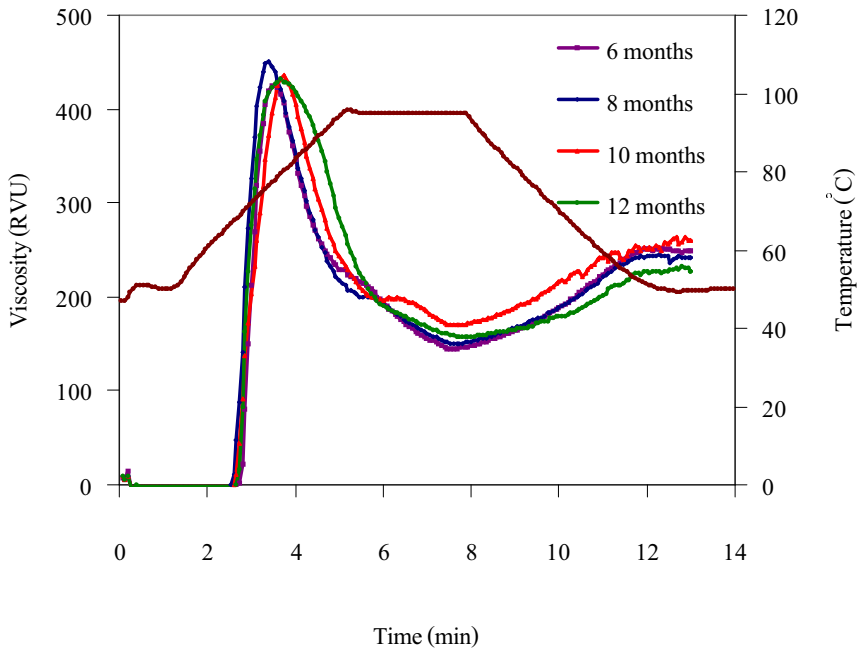
ง. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืด

การวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดของแป้งและฟลาวมันสำปะหลังที่ได้จากมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยว 6, 8, 10 และ 12 เดือน ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 24



ฟลาวมันสำปะหลัง

ภาพที่ 24 คุณสมบัติด้านความหนืดเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA ของฟลาวและแป้งมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ



แป้งมันสำปะหลัง

ภาพที่ 24 (ต่อ)

เมื่อนำฟลาวมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลังที่มีอายุการเก็บต่างกัน มาวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) พบว่าฟลาวและแป้งมันสำปะหลังที่ได้จากหัวมันอายุการเก็บเกี่ยว 6, 8, 10 และ 12 เดือน เมื่อนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนและวิเคราะห์ความแตกต่าง ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 39 โดยพบว่าฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยว 6 และ 12 เดือน มีค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) ค่าความหนืดต่ำสุด (Trough) ความหนืดเมื่อเย็นตัว (final viscosity) และความหนืดเมื่อคืนตัว (Setback) สูงกว่า ฟลาวที่อายุ 8 และ 10 เดือน เมื่อวิเคราะห์ช่วงความแตกต่างของความหนืด โดยคำนวณจากค่าความหนืดสูงสุดลบค่าความหนืดต่ำสุดของการวิเคราะห์ค่าความหนืดนั้นๆ พบว่าช่วงความแตกต่างของความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังจะมีช่วงความแตกต่างสูงกว่าช่วงความแตกต่างของความหนืดในแป้งมันสำปะหลังมาก ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ที่มีอยู่ในฟลาวมันสำปะหลัง ซึ่งได้แก่ โปรตีน และปริมาณเยื่อใย ที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางด้านความหนืดได้

แป้งมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยว 6, 10 และ 12 เดือน จะมีค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) ต่ำกว่าที่ 8 เดือน โดยพบว่าที่ 8 เดือน แป้งจะมีค่าความหนืดสูงสุดมากที่สุด จากการทดลองพบว่าผลของค่าความหนืดสูงสุดจะแปรตามขนาดการกระจายตัวของเม็ดแป้ง โดยพบว่า

เม็ดแป้งที่มีขนาดใหญ่จะมีแนวโน้มการเกิดความหนืดสูงสุด สูงมากกว่าเม็ดแป้งที่มีขนาดเล็กกว่า จากการตรวจวัดขนาดการกระจายตัวของเม็ดแป้ง พบว่าที่อายุการเก็บเกี่ยว 6 และ 12 เดือน เม็ดแป้งมีการกระจายตัวไปในทิศทางที่มีขนาดเล็ก แต่ที่อายุการเก็บเกี่ยว 8 เดือน ขนาดการกระจายตัวของเม็ดแป้งจะมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนที่อายุการเก็บเกี่ยว 10 เดือน เม็ดแป้งที่มีขนาดใหญ่เริ่มมีการกระจายตัวกลับมาในทิศที่มีขนาดเล็กลง โดยดูจากลักษณะของกราฟการกระจายตัวจะเห็น peak 2 อัน มีงานวิจัยที่สนับสนุนว่าขนาดของเม็ดแป้งมีผลต่อค่าความหนืดสูงสุด คือ งานวิจัยของ Santisopasri *et al.* (2001) ที่รายงานว่าแป้งจากมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 90 ที่อายุการเก็บเกี่ยวเท่ากันแต่ได้รับน้ำในปริมาณที่ไม่เท่ากัน และมีขนาดการกระจายตัวของเม็ดแป้งที่ต่างกัน พบว่าขนาดของเม็ดแป้งที่มีการกระจายตัวอยู่ในขนาดเล็กจะมีผลทำให้ค่าความหนืดสูงสุดต่ำกว่าเม็ดแป้งที่มีการกระจายตัวอยู่ในขนาดที่ใหญ่กว่า นอกจากนี้ Noda *et al*. (2004) ได้ทำศึกษาในมันฝรั่งที่มีอายุการเก็บเกี่ยวต่างกัน ซึ่งมีผลทำให้ขนาดของเม็ดแป้งต่างกัน ได้ผลการทดลองในทำนองเดียวกัน คือ เม็ดแป้งที่มีขนาดใหญ่จะให้ค่าความหนืดสูงสุดมากกว่าเม็ดแป้งที่มีขนาดเล็ก

ตารางที่ 39 การเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA ของตัวอย่างฟลาวและแป้งมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ กัน

ตัวอย่างที่อายุ	Pasting temperature (°C)	Peak viscosity (RVU)	Trough viscosity (RVU)	Breakdown (RVU)	Final viscosity (RVU)	Setback from trough (RVU)
ฟลาวมันสำปะหลัง						
6 เดือน	69.94±0.10 ^{d}	311±4 ^{a}	154±3 ^{a}	157±3 ^{b}	208±4 ^{a}	54±6 ^{a}
8 เดือน	70.15±0.41 ^{c}	266±5 ^{bc}	95±8 ^{b}	171±5 ^{ab}	135±8 ^{b}	40±1 ^{b}
10 เดือน	70.71±0.05 ^{b}	246±13 ^{c}	59±13 ^{c}	187±2 ^{a}	89±15 ^{c}	30±2 ^{c}
12 เดือน	71.58±0.03 ^{a}	284±5 ^{b}	108±13 ^{b}	176±9 ^{a}	153±15 ^{b}	45±3 ^{b}
ช่วงความแตกต่าง*	1.64	65	95	30	119	24
แป้งมันสำปะหลัง						
6 เดือน	70.14±0.42 ^{ns}	426±7 ^{b}	144±4 ^{c}	282±9 ^{b}	249±6 ^{ab}	105±7 ^{a}
8 เดือน	68.73±1.42 ^{ns}	454±13 ^{a}	149±7 ^{c}	305±7 ^{a}	242±10 ^{b}	93±3 ^{b}
10 เดือน	68.78±0.47 ^{ns}	437±5 ^{b}	170±2 ^{a}	267±6 ^{c}	259±11 ^{a}	89±10 ^{b}
12 เดือน	69.54±0.53 ^{ns}	432±4 ^{b}	157±1 ^{b}	275±3 ^{bc}	227±5 ^{c}	70±5 ^{c}
ช่วงความแตกต่าง*	1.41	28	26	38	32	35

หมายเหตุ a,b,c... ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* ช่วงความแตกต่าง = ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความหนืดเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid visco analyser (RVA) ของตัวอย่างฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ กัน พบว่าฟลาวมันสำปะหลังอายุ 6 และ 12 เดือน มีค่าความหนืดสูงสุดและความหนืดสุดท้ายสูงกว่าฟลาวที่อายุ 8 และ 10 เดือน เมื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยว 6, 8, 10 และ 12 เดือน มีแป้งเป็นองค์ประกอบร้อยละ 89.84, 91.10, 91.47 และ 90.90 ตามลำดับ พบว่าที่อายุ 6 และ 12 เดือนมีแป้งเป็นองค์ประกอบน้อยกว่าที่ 8 และ 10 เดือน แต่กลับให้ค่าความหนืดที่สูงมากกว่าในตัวอย่างแป้งที่มีปริมาณแป้งสูงกว่า และเมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 36 พบว่าตัวอย่างฟลาวมันสำปะหลังที่อายุ 6, 8, 10 และ 12 เดือน ประกอบด้วยเส้นใยอาหาร ร้อยละ 5.63, 5.21, 4.61 และ 5.20 ตามลำดับ ฟลาวจากมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยว 10 เดือนจะมีปริมาณเส้นใยอาหารน้อยที่สุด จากผลการตรวจวิเคราะห์นำข้อมูลที่ได้มาศึกษาหาค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณแป้งในฟลาวมันสำปะหลังกับความหนืด และปริมาณเส้นใยอาหารในฟลาวมันสำปะหลังกับความหนืด ผลของความสัมพันธ์แสดงดังตารางที่ 40

ตารางที่ 40 ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณแป้งและปริมาณเส้นใยอาหารต่อคุณสมบัติด้านความหนืด ของฟลาวมันสำปะหลัง เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid visco analyser (RVA)

ตัวแปร x	ตัวแปร y	ค่า r
ปริมาณแป้ง (%)	ความหนืดสูงสุด (Peak viscosity)	-0.968
	ความหนืดต่ำสุด (Trough)	-0.977
	ความหนืดเมื่อยุบตัว (Breakdown)	0.928
	ความหนืดเมื่อเย็นตัว (Final viscosity)	-0.971
	ความหนืดเมื่อคืนตัว (Setback)	-0.936
ปริมาณเส้นใยอาหาร (%)	ความหนืดสูงสุด (Peak viscosity)	0.941
	ความหนืดต่ำสุด (Trough)	0.972
	ความหนืดเมื่อยุบตัว (Breakdown)	-0.971
	ความหนืดเมื่อเย็นตัว (Final viscosity)	0.920
	ความหนืดเมื่อคืนตัว (Setback)	0.911

ตารางที่ 40 แสดงค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณแป้ง ปริมาณเส้นใยอาหาร กับคุณสมบัติด้านความหนืด เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid visco analyser (RVA) พบว่าค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณแป้งกับค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) ความหนืดต่ำสุด (Trough) ความหนืดเมื่อเย็นตัว (Final viscosity) และความหนืดเมื่อคืนตัว (Setback) มีค่าเป็นลบ แสดงว่าปริมาณแป้งมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงข้ามกับค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดต่ำสุด ความหนืดเมื่อเย็นตัว และความหนืดเมื่อคืนตัว กล่าวคือ เมื่อปริมาณแป้งในฟลาวมันสำปะหลังมีค่าสูงขึ้น ค่าความหนืดที่กล่าวมาจะมีค่าลดลง ยกเว้นค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณแป้งกับค่าความหนืดเมื่อยุบตัว (Breakdown) จะมีค่าเป็นบวก กล่าวคือเมื่อปริมาณแป้งในฟลาวมันสำปะหลังมีค่าสูงขึ้น ค่าความหนืดเมื่อยุบตัวจะมีค่าสูงขึ้นเช่นกัน

ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเส้นใยอาหารต่อค่าความหนืดของฟลาวมันสำปะหลัง พบว่าค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างค่าปริมาณเส้นใยอาหารกับค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) ความหนืดต่ำสุด (Trough) ความหนืดเมื่อเย็นตัว (Final viscosity) และ ความหนืดเมื่อคืนตัว (Setback) มีค่าเป็นบวก แสดงว่าปริมาณเส้นใยอาหารมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดต่ำสุด ความหนืดเมื่อเย็นตัว และ ความหนืดเมื่อคืนตัว กล่าวคือ เมื่อค่าปริมาณเส้นใยอาหารในฟลาวมันสำปะหลังมีค่าสูงขึ้น ค่าความหนืดที่กล่าวมาจะมีค่าสูงขึ้นเช่นกัน ยกเว้นค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างค่าปริมาณเส้นใยอาหารกับค่าความหนืดเมื่อยุบตัว(Breakdown) จะมีค่าเป็นลบ กล่าวคือเมื่อค่าปริมาณเส้นใยอาหารในฟลาวมันสำปะหลังมีค่าสูงขึ้น ค่าความหนืดเมื่อยุบตัวจะมีค่าลดลง

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านความหนืดด้วยเครื่อง RVA แสดงให้เห็นว่าปริมาณแป้งที่มีอยู่ในฟลาวมันสำปะหลังให้ค่าผกผันกับปริมาณความหนืด กล่าวคือเมื่อปริมาณแป้งในฟลาวมันสำปะหลังมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นค่าความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังกลับมีค่าลดต่ำลง ซึ่งในองค์ประกอบของฟลาวมันสำปะหลังนั้น เมื่อปริมาณแป้งมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นก็จะมีผลทำให้เส้นใยอาหารมีปริมาณลดต่ำลง จึงมีความเป็นไปได้ที่ปริมาณเส้นใยอาหารที่มีอยู่ในฟลาวมันสำปะหลังจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านความหนืด ซึ่งในเส้นใยอาหารนั้นมีส่วนประกอบอื่นๆ อีกมากมายที่มีผลต่อคุณสมบัติด้านความหนืด เช่น พอลิเมอร์ที่ให้ความหนืดที่ไม่ใช่แป้ง เช่น กัม เพกติน เป็นต้น นอกจากนี้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสที่มีอยู่ในฟลาวมันสำปะหลังก็น่าจะมีผลต่อคุณสมบัติด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังด้วยเช่นกัน มีการรายงานว่าเฮมิเซลลูโลสมีผลทำให้

การอุ้มน้ำในฟลาวสาลีเกิดได้ดีขึ้น โดยพบว่าเฮมิเซลลูโลสที่เติมลงไปในการทำขนมปังมีผลต่อการอุ้มน้ำของฟลาว และมีผลทำให้ขนมปังขึ้นฟูและคงตัวดีขึ้น (Fennema, 1985)

จ. การวัดคุณภาพทางเนื้อสัมผัส

ทำการวัดคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของตัวอย่างฟลาวมันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส ทำการเตรียมเจลจากฟลาวและแป้งความเข้มข้นร้อยละ 30% (w/w) ตัดตัวอย่างให้มีขนาดความยาว 1.5 เซนติเมตร นำตัวอย่างไปวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดยใช้หัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ระยะทางในการกดตัวอย่าง 50% อัตราเร็วในการกด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ทำการทดสอบค่าแรงกด (Compressive test) และ Texture Profile Analyis ได้แก่ Hardness, Adhesiveness, Cohesiveness, Springiness และ Gumminess วัดค่าแรง (F) และ % Deformation คำนวณพื้นที่ใต้กราฟเพื่อนำไปหาค่า % Degree of elasticity และเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Stress และ Strain เพื่อคำนวณหาค่า Young's modulus จากความชันของกราฟ จากการวิเคราะห์ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 41-44

ตารางที่ 41 ค่าสมบัติเนื้อสัมผัสของเจลฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างกัน

อายุการเก็บเกี่ยว (เดือน)	Hardness (N)	Adhesiveness (N.sec)	Springiness Index	Cohesiveness (-)	Gumminess (N)
6	7.35 ± 0.60 ^{b}	-1.10 ± 0.19 ^{c}	0.86 ± 0.02 ^{a}	0.72 ± 0.02 ^{c}	5.29 ± 0.33 ^{b}
8	7.09 ± 0.31 ^{b}	-0.65 ± 0.13 ^{a}	0.88 ± 0.02 ^{a}	0.78 ± 0.02 ^{a}	5.54 ± 0.21 ^{b}
10	8.55 ± 0.34 ^{a}	-0.84 ± 0.12 ^{b}	0.86 ± 0.02 ^{a}	0.76 ± 0.01 ^{ab}	6.54 ± 0.29 ^{a}
12	8.90 ± 0.35 ^{a}	-1.11 ± 0.18 ^{c}	0.87 ± 0.01 ^{a}	0.76 ± 0.01 ^{b}	6.75 ± 0.26 ^{a}

หมายเหตุ a,b,c... ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 42 ค่าสมบัติเนื้อสัมผัสของเจลแป้งมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างกัน

อายุการเก็บเกี่ยว (เดือน)	Hardness (N)	Adhesiveness (N.sec)	Springiness Index	Cohesiveness (-)	Gumminess (N)
6	1.14 ± 0.15 ^{b}	-0.17 ± 0.04 ^{b}	0.86 ± 0.03 ^{c}	0.88 ± 0.01 ^{b}	1.01 ± 0.14 ^{b}
8	0.95 ± 0.04 ^{c}	-0.25 ± 0.05 ^{c}	0.82 ± 0.03 ^{bc}	0.85 ± 0.01 ^{c}	0.95 ± 0.04 ^{c}
10	1.03 ± 0.11 ^{bc}	0.08 ± 0.02 ^{a}	0.92 ± 0.03 ^{a}	0.89 ± 0.01 ^{b}	1.03 ± 0.11 ^{bc}
12	1.39 ± 0.10 ^{a}	-0.12 ± 0.08 ^{ab}	0.90 ± 0.05 ^{ab}	0.92 ± 0.01 ^{a}	1.39 ± 0.10 ^{a}

หมายเหตุ a,b,c... ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 43 ค่า Young's modulus และ ค่า Degree of elasticity ของเจลฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างกัน

อายุการเก็บเกี่ยว	ค่า Young's modulus* (kPa)	ค่า Degree of elasticity** (%)
6	52.03 ± 4.93 ^{b}	31.42 ± 1.16 ^{c}
8	36.58 ± 1.42 ^{d}	35.49 ± 0.95 ^{a}
10	41.51 ± 1.95 ^{c}	33.93 ± 0.45 ^{b}
12	57.91 ± 2.17 ^{a}	33.31 ± 0.60 ^{b}

หมายเหตุ a,b,c... ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 44 ค่า Young's modulus และ ค่า Degree of elasticity ของเจลแป้งมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างกัน

อายุการเก็บเกี่ยว	ค่า Young's modulus (kPa)	ค่า Degree of elasticity (%)
6	4.73 ± 0.98 ^{b}	38.84 ± 0.70 ^{c}
8	3.46 ± 0.30 ^{c}	34.91 ± 0.48 ^{d}
10	4.72 ± 0.91 ^{b}	40.08 + 0.71 ^{b}
12	6.19 ± 0.85 ^{a}	41.91 ± 0.92 ^{a}

หมายเหตุ a,b,c... ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวัดค่าเนื้อสัมผัสของเจลฟลาวมันสำปะหลังที่มีอายุการเก็บเกี่ยวต่างกัน พบว่าเจลฟลาวมันสำปะหลังที่อายุ 10 และ 12 เดือน มีค่าค่าความแข็ง (hardness) และค่าความเหนียวเป็นกาว (gumminess) สูงกว่าฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยว 6 และ 8 เดือน และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าที่อายุการเก็บเกี่ยว 10 และ 12 เดือนฟลาวที่ผลิตได้มีปริมาณเส้นใยหยาบต่ำกว่าที่อายุการเก็บเกี่ยว 6 และ 8 เดือน มีความเป็นไปได้ที่การมีปริมาณเส้นใยหยาบมากขึ้นจะมีผลทำให้คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสในค่าที่กล่าวมามีค่าลดลง

การวัดค่าเนื้อสัมผัสของเจลแป้งมันสำปะหลัง พบว่าค่าความแข็ง (hardness) และค่าความเหนียวเป็นกาว (gumminess) ในเจลแป้งมันสำปะหลังที่อายุ 8 และ 10 เดือน มีค่าต่ำกว่าเจลแป้งมันสำปะหลังที่อายุ 6 และ 12 เดือน ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากขนาดของเม็ดแป้งที่ต่างกัน โดยพบว่าที่ 8 และ 10 เดือนจะมีขนาดของเม็ดแป้งใหญ่กว่าที่ 6 และ 12 เดือน

ส่วนค่า Young's modulus ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงความยืดหยุ่นของวัสดุ สามารถคำนวณได้จากค่าความชันของกราฟระหว่างความเค้นและความเครียดในช่วงเริ่มต้นที่เป็นเส้นตรง (Karim *et al*. 2000) พบว่าค่า Young's modulus ของเจลฟลาวมันสำปะหลังและเจลแป้งมันสำปะหลัง ให้ผลในทำนองเดียวกัน คือ ที่อายุการเก็บเกี่ยว 8 และ 10 เดือน มีค่า Young's modulus ต่ำ ซึ่งค่า Young's modulus เป็นค่าที่บอกถึงความยืดหยุ่นของวัสดุ ซึ่งผลดังกล่าวอาจเป็นผลเนื่องจากขนาดของเม็ดแป้งที่ต่างกัน ส่วนค่า Degree of elasticity ซึ่งบอกถึงระดับความสามารถในการคืนตัวกลับสู่สภาพเดิมหลังจากถูกแรงกดทำให้ผิดรูปร่าง (deformation) โดยค่า Degree of elasticity มีค่าเป็นร้อยละของงานที่ได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างความเค้นและความเครียดของตัวอย่างเจลขณะคืนตัวกลับต่อพื้นที่ใต้กราฟของตัวอย่างเจลเมื่อถูกแรงกด โดยจะพบว่าถ้าเจลมีความสามารถในการคืนตัวกลับสู่สภาพเดิมได้ดี พื้นที่ใต้กราฟของตัวอย่างเมื่อคืนตัวกลับจะมีค่าใกล้เคียงกับพื้นที่ใต้กราฟของตัวอย่างเมื่อถูกแรงกด ซึ่งจะมีผลทำให้ค่า Degree of elasticity มีค่าเข้าใกล้ 100 (Bourne, 1982) จากผลการทดลองพบว่า เจลแป้งมันสำปะหลังที่อายุ 8 เดือน มีค่าต่ำสุด แต่เจลฟลาวมันสำปะหลังที่อายุ 8 เดือนกลับมีค่า Degree of elasticity สูงที่สุด ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการเสริมกันหรือขัดขว้างกันขององค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อค่าเนื้อสัมผัส ซึ่งคงต้องทำการศึกษาในรายละเอียดเพิ่มลงไปอีกในการที่จะอธิบายว่าเกิดลักษณะดังกล่าวเนื่องจากผลขององค์ประกอบใดบ้าง

จากการตรวจวิเคราะห์ค่าทางเคมีในฟลาวมันสำปะหลัง ได้นำมาหาค่าความสัมพันธ์กับค่าการวิเคราะห์ทางเนื้อสัมผัส พบว่าค่าปริมาณเส้นใยหยาบมีความสัมพันธ์กับค่าการวิเคราะห์ทางเนื้อ

สัมผัส โดยพบว่าเมื่อปริมาณเส้นใยหยาบมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น จะมีผลทำให้ค่าความแข็ง(hardness) และค่าความเหนียวเป็นกาว (gumminess) มีค่าลดลง ซึ่งได้ความสัมพันธ์แสดงดังตารางที่ 45 โดยพบว่าความสัมพันธ์ของปริมาณเส้นใยหยาบกับค่าความแข็งของเจล (hardness) และค่าความเหนียวเป็นกาว (gumminess) มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม

ตารางที่ 45 ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณเส้นใยหยาบต่อค่าค่าความแข็งของเจล (hardness) และค่าความเหนียวเป็นกาว (gumminess) ของฟลาวมันสำปะหลัง

ตัวแปร x	ตัวแปร y	ค่า r
ปริมาณเส้นใยหยาบ (%)	ความแข็งของเจล (hardness)	-0.978
	ความเหนียวเป็นกาว (gumminess)	-0.992

อายุการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของฟลาวมันสำปะหลัง โดยพบว่าฟลาวมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวจากหัวมันสำปะหลังอายุต่างกันจะมีคุณสมบัติด้านความหนืดแตกต่างกัน แต่คุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งที่สกัดได้จากหัวมันสำปะหลังที่อายุแตกต่างกันมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย คุณสมบัติด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังที่แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีอยู่ในหัวมัน โดยแป้งเป็นตัวหลักที่ให้ความหนืด แต่ตัวที่มีผลทำให้ฟลาวมันสำปะหลังมีคุณสมบัติด้านความหนืดแตกต่างออกไป คือ องค์ประกอบอื่นที่มีในหัวมันสำปะหลังที่ไม่ใช่แป้ง เช่น เส้นใยอาหาร ส่วนองค์ประกอบทางเคมีที่ทำให้คุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสในฟลาวมันสำปะหลังที่แตกต่างกัน คือ เส้นใยหยาบ ดังนั้นในการที่จะนำมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารนั้น คุณสมบัติทางด้านกายภาพ โดยเฉพาะคุณสมบัติทางด้านความหนืด และคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัส ต้องมีความสม่ำเสมอ ซึ่งคงต้องเป็นหน้าที่ของงานการควบคุมคุณภาพที่ต้องทำการตรวจวัดคุณภาพ และทำการปรับปรุงคุณภาพให้ได้ตามต้องการ เช่น การทำฟลาวผสม (composite blend) ให้ได้คุณสมบัติตามต้องการได้ แต่การทำฟลาวที่ปลอดภัยต่อการบริโภคนั้น สิ่งที่ต้องระวังมากที่สุดสำหรับฟลาวมันสำปะหลัง คือ ปริมาณไซยาไนด์ที่หลงเหลืออยู่ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ พบว่าฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยว 6 และ 8 เดือน ไม่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสำหรับการบริโภคได้ เนื่องจากมีปริมาณไซยาไนด์หลงเหลืออยู่ มากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งถ้าจะนำมาใช้ในการผลิตฟลาวมันสำปะหลังคงต้องมีการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เหมาะสมต่อไป

5. <u>การขยายกำลังการผลิตฟลาวมันสำปะหลัง ในระดับการผลิต 300 กิโลกรัมหัวมันสดต่อวัน</u>

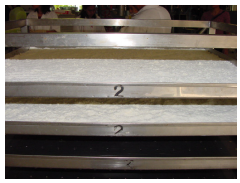
จากผลการทดลองศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตฟลาวมันสำปะหลัง ได้ขั้นตอนการผลิตฟลาวมันสำปะหลังที่เหมาะสม ทำการทดลองขยายกำลังการผลิตโดยใช้หัวมันสดเริ่มต้นที่ 80-300 กิโลกรัมต่อวัน โดยได้ทำการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังจากสถานที่ต่างๆ ที่มีอายุ 10.5 – 12 เดือน จากสถานที่ต่างๆ ดังนี้

ชุดที่ 1 เก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังจาก จ.นครราชสีมา อายุการเก็บเกี่ยว 10.5 เดือน
ชุดที่ 2 เก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังจาก จ.ชลบุรี อายุการเก็บเกี่ยว 10.5 เดือน
ชุดที่ 3 เก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังจาก จ.ฉะเชิงเทรา อายุการเก็บเกี่ยว 10.5 เดือน
ชุดที่ 4 เก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังจาก จ.ชัยภูมิ อายุการเก็บเกี่ยว 12 เดือน
ชุดที่ 5 เก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังจาก จ.ฉะเชิงเทรา อายุการเก็บเกี่ยว 12 เดือน
ชุดที่ 6 เก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังจาก จ.นครราชสีมา อายุการเก็บเกี่ยว 12 เดือน
ชุดที่ 7 เก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังจาก จ.กาญจนบุรี อายุการเก็บเกี่ยว 12 เดือน
ชุดที่ 8 เก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังจาก จ.ชลบุรี อายุการเก็บเกี่ยว 12 เดือน

จากการทดลองศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตฟลาวมันสำปะหลังทำให้ได้ขั้นตอนการผลิตฟลาวมันสำปะหลังที่เหมาะสม จึงทำการทดลองขยายกำลังการผลิตโดยใช้หัวมันสำปะหลังสดเริ่มต้นสูงสุดที่ 300 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีเครื่องมือและขั้นตอนในการผลิตดังแผนภาพในภาพที่ 25

ล้างทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง

ขูดเป็นฝอยด้วยเครื่องขูด



อบแห้งในตู้อบ 50 °C

สับหัว ท้าย ตัดเป็นท่อน

เนื้อมันสำปะหลังหลังขูดฝอย บ่ม 2-3 ชั่วโมง

เข้าเครื่องบดละเอียด

ปอกเปลือก

คั้นน้ำขมออกด้วยเครื่องคั้น

ล้างให้สะอาด

ฝานเป็นแผ่น

เกลี่ยใส่ถาด

ฟลาวมันสำปะหลัง

<u>ภาพที่ 25</u> ขั้นตอนการผลิตฟลาวมันสำปะหลังไซยาไนด์ต่ำที่ขยายกำลังการผลิตในระดับ Pilot scale (หัวมันสด 80-300 กิโลกรัม)

5.1 คุณภาพทางเคมี

ฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตได้เมื่อขยายกำลังการผลิตเมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ผลแสดงดังตารางที่ 46

ตารางที่ 46 องค์ประกอบทางเคมีในฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ขยายกำลังการผลิต

ชุดที่	อายุเก็บเกี่ยว (เดือน)	สถานที่เพาะปลูก	ร้อยละปริมาณ (โดยน้ำหนักแห้ง)						ความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมด(mg/kg) โดยน้ำหนักแห้ง	ปริมาณอะฟลาทอกซิน (ppb)
			ความชื้น	แป้ง	ไขมัน	โปรตีน	เส้นใยหยาบ	เถ้า			
1	10.5	จ. นครราชสีมา	9.16 ± 0.09	91.07 ± 0.04	0.16 ± 0.02	1.36 ± 0.02	1.66 ± 0.03	1.05 ± 0.02	6.51 ± 0.01	2.21 ± 0.06	ND
2	10.5	จ.ชลบุรี	8.76 ± 0.14	91.71 ± 0.10	0.05 ± 0.02	1.03 ± 0.05	1.77 ± 0.03	1.05 ± 0.01	6.41 ± 0.04	0.31 ± 0.04	ND
3	10.5	จ.ฉะเชิงเทรา	8.35 ± 0.07	90.78 ± 0.10	0.10 ± 0.02	1.19 ± 0.10	1.27 ± 0.10	1.04 ± 0.00	5.95 ± 0.01	2.01 ± 0.11	4.20 ± 0.00
4	12	จ.ชัยภูมิ	8.66 ± 0.03	89.80 ± 0.81	0.13 ± 0.01	1.38 ± 0.02	1.65 ± 0.03	0.96 ± 0.01	6.41 ± 0.00	1.39 ± 0.01	ND
5	12	จ. ฉะเชิงเทรา	8.65 ± 0.16	90.53 ± 0.09	0.03 ± 0.02	0.87 ± 0.02	1.90 ± 0.04	1.06 ± 0.02	6.46 ± 0.02	1.22 ± 0.10	ND
6	12	จ.นครราชสีมา	8.44 ± 0.18	90.41 ± 0.74	0.04 ± 0.03	1.13 ± 0.06	1.29 ± 0.00	1.16 ± 0.01	5.85 ± 0.00	4.02 ± 0.25	6.05 ± 0.35
7	12	จ.กาญจนบุรี	6.66 ± 0.05	90.59 ± 0.25	0.05 ± 0.01	1.36 ± 0.06	1.46 ± 0.03	1.11 ± 0.01	5.70 ± 0.01	0.96 ± 0.25	1.30 ± 0.57
8	12	จ. ชลบุรี	7.41 ± 0.00	88.36 ± 4.00	0.14 ± 0.01	1.37 ± 0.02	1.50 ± 0.05	1.03 ± 0.00	5.76 ± 0.02	1.08 ± 0.14	2.30 ± 0.14

หมายเหตุ ND คือ ไม่ได้ตรวจวิเคราะห์

5.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตได้เมื่อขยายกำลังการผลิตเมื่อวิเคราะห์คุณภาพจุลินทรีย์ ผลแสดงดังตารางที่ 47

ตารางที่ 47 คุณภาพทางจุลินทรีย์ในฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ขยายกำลังการผลิต

ชุดที่	อายุเก็บเกี่ยว (เดือน)	สถานที่เพาะปลูก	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	*Salmonella* sp. ใน 25 g ตัวอย่าง	*Staphylococcus aureus* (CFU/g)	*Escherichia coli* (CFU/g)	ยีสต์และรา (CFU/g)
1	10.5	จ. นครราชสีมา	4.3×10^5	ND	ND	ND	30
2	10.5	จ.ชลบุรี	3.2×10^4	ND	ND	ND	50
3	10.5	จ.ฉะเชิงเทรา	5.3×10^4	ไม่พบ	0	0	30
4	12	จ.ชัยภูมิ	8.1×10^4	ND	ND	ND	15
5	12	จ. ฉะเชิงเทรา	9.7×10^3	ND	ND	ND	30
6	12	จ.นครราชสีมา	6.0×10^4	ไม่พบ	0	0	50
7	12	จ.กาญจนบุรี	2.3×10^4	ไม่พบ	0	0	35
8	12	จ. ชลบุรี	1.0×10^5	ไม่พบ	0	0	10

หมายเหตุ ND คือ ไม่ได้ตรวจวิเคราะห์

5.3 คุณภาพทางกายภาพ

ฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตได้เมื่อขยายกำลังการผลิตเมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ผลแสดงดังตารางที่ 48 - 49

ตารางที่ 48 คุณสมบัติด้านความหนืดเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA ของตัวอย่างฟลาวมันสำปะหลังที่ขยายกำลังการผลิต

ชุดที่	อายุเก็บเกี่ยว (เดือน)	สถานที่เพาะปลูก	Peak viscosity (RVU)	Trough (RVU)	Breakdown (RVU)	Final viscosity (RVU)	Setback (RVU)	Peak time (min)	Peak temperature (^{o}C)
1	10.5	จ. นครราชสีมา	258.0±4.3	59.1±4.0	198.9±0.3	87.7±4.8	28.6±0.8	4.09±0.02	73.78±0.32
2	10.5	จ.ชลบุรี	284.0±1.1	72.4±0.8	211.6±0.2	97.2±3.1	24.8±2.3	3.91±0.00	76.00±0.21
3	10.5	จ.ฉะเชิงเทรา	252.1±1.1	88.0±0.8	164.1±0.4	124.7±2.0	36.6±2.8	4.23±0.05	75.13±0.60
4	12	จ.ชัยภูมิ	289.0±6.5	115.9±4.2	173.0±10.8	155.0±8.2	39.0±12.4	4.38±0.02	74.10±0.28
5	12	จ. ฉะเชิงเทรา	308.7±1.4	116.3±0.8	192.4±0.6	165.5±0.5	49.2±1.3	4.29±0.02	76.25±0.14
6	12	จ.นครราชสีมา	266.3±3.1	80.7±1.8	185.7±4.8	119.8±1.0	39.1±0.8	4.20±0.09	75.18±0.60
7	12	จ.กาญจนบุรี	293.8±0.2	98.0±1.4	195.8±1.2	134.3±2.5	36.3±1.1	3.87±0.09	73.95±1.13
8	12	จ. ชลบุรี	269.4±1.4	98.3±1.6	171.1±3.1	142.0±2.8	43.7±1.2	4.17±0.05	74.75±0.07

ตารางที่ 49 คุณสมบัติด้านความขาว และค่า a_w ของตัวอย่างฟลาวที่ขยายกำลังการผลิต

ชุดที่	อายุเก็บเกี่ยว (เดือน)	สถานที่เพาะปลูก	ค่าความขาว (Kett scale)	a_w
1	10.5	จ.นครราชสีมา	81.7 $\pm$ 0.7	0.37
2	10.5	จ.ชลบุรี	85.5 $\pm$ 0.9	0.32
3	10.5	จ.ฉะเชิงเทรา	83.0 $\pm$ 0.1	0.32
4	12	จ.ชัยภูมิ	84.6 $\pm$ 0.8	0.35
5	12	จ.ฉะเชิงเทรา	84.4 $\pm$ 0.9	0.40
6	12	จ.นครราชสีมา	82.2 $\pm$ 0.7	0.30
7	12	จ.กาญจนบุรี	82.1 $\pm$ 0.2	0.39
8	12	จ.ชลบุรี	82.1 $\pm$ 0.3	0.29

จากการทดลองขยายกำลังการผลิตในระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot Plant Scale) ขนาดกำลังการผลิตสูงสุดต่อวันครั้งละประมาณ 300 กิโลกรัมหัวมันสด ฟลาวที่ผลิตได้เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ทางจุลินทรีย์ และทางกายภาพ และทำการคำนวณร้อยละผลได้ (% Yield) พบว่าฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตได้มีปริมาณไซยาไนด์ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค และการตรวจสอบทางจุลินทรีย์พบว่าอยู่ในเกณฑ์เดียวกันกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ในแป้งทางการค้าอื่นๆ คือ มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน $1x10^6$ CFU/กรัมตัวอย่าง ตรวจไม่พบ *E coli* และไม่พบ Salmonella ในตัวอย่าง 25 กรัม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์แป้งข้าวโพด มอก. 637-2529; มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเหนียว มอก. 639-2529) แต่เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตจากแหล่งต่างๆ พบว่ามีคุณสมบัติทางด้านความหนืดที่ไม่คงที่ ทั้งนี้เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลทำให้คุณภาพของฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตได้มีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น สภาพแวดล้อมในการเพาะปลูก คุณภาพของดิน การได้รับปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน และอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันเป็นต้น การที่คุณสมบัติทางด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตได้มีคุณสมบัติที่ไม่คงที่นั้นจะเป็นอุปสรรคต่อการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ ดังนั้นความไม่แน่นอน ความไม่สม่ำเสมอของผลผลิตฟลาวมันสำปะหลังที่ได้จะต้องมีกระบวนการที่ใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติเพื่อควบคุมให้ฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตได้มีคุณภาพที่สม่ำเสมอ แนวทางหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพให้ได้ตามต้องการ คือ การทำฟลาวผสม (Composite blend) ซึ่งมีวิธีการทำแสดงในภาคผนวก ง

5.4 คำนวณร้อยละผลได้ (%Yield)

ในการขยายกำลังการผลิตได้ทำการทดลองผลิตฟลาวจากมันสำปะหลัง ได้ทำการทดลองผลิตไปเป็นจำนวน 8 ครั้ง พบว่าร้อยละผลได้ (% Yield) ของผลผลิตฟลาวจากมันสำปะหลัง คือ 25.22 $\pm$ 2.81 ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 50

ตารางที่ 50 ผลผลิตฟลาวมันสำปะหลังจากการขยายกำลังการผลิต

ครั้งที่	อายุหัวมัน (เดือน)	สถานที่ปลูก	น้ำหนักสด (kg)					ปริมาณฟลาวหลังอบแห้ง (kg)	Yield (%)
			หัวมัน	หัวท้าย	เนื้อมัน	เปลือก	เนื้อมันหลังคั้นน้ำ		
1	10.5	จ.นครราชสีมา	285	27	199	53	-	73	26
2	10.5	จ.ชลบุรี	198	25	135	40	90	57	29
3	10.5	จ.ฉะเชิงเทรา	81	12	49	18	33	21	25
4	12	จ.ชัยภูมิ	196	21	133	44	81	49	25
5	12	จ.ฉะเชิงเทรา	190	26	103	56	65	40	21
6	12	จ.นครราชสีมา	240	33	130	71	89	57	24
7	12	จ.กาญจนบุรี	280	38	152	83	109	69	25
8	12	จ.ชลบุรี	250	34	136	74	105	67	27
รวม			1,720	216	1,037	439	572	433	
		เฉลี่ย							25 $\pm$ 2

จากผลการทดลองที่ได้ เมื่อนำคุณภาพที่วิเคราะห์ได้ทางด้านเคมี ทางจุลินทรีย์ และทางด้านกายภาพ สามารถสรุปคุณภาพของฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตได้ดังตารางที่ 51

ตารางที่ 51 ผลสรุปคุณภาพฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตในระดับโรงงานต้นแบบ

องค์ประกอบและสิ่งปนเปื้อน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
ความชื้น (ร้อยละ)	6.66	9.16	8.26
แป้ง (ร้อยละ)	88.36	91.71	90.40
เถ้า (ร้อยละ)	0.96	1.16	1.06
โปรตีน (ร้อยละ)	0.87	1.38	1.21
ไขมัน (ร้อยละ)	0.03	0.16	0.09
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	1.27	1.90	1.56
ความเป็นกรด - ด่าง	5.7	6.51	6.13
ไซยาไนด์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)	0.31	4.02	1.63
ความหนืดสูงสุดวัดโดยเครื่อง Rapid visco analyser (RVA)	252.1	308.7	277.7
ค่าความหนืดต่ำสุดวัดโดยเครื่อง Rapid visco analyser (RVA)	59.1	116.3	91.1
ค่าความหนืดสุดท้ายวัดโดยเครื่อง Rapid visco analyser (RVA)	87.7	165.5	128.3
ค่าความขาว (Kett scale)	81.7	85.5	83.2
วอเตอร์แอคติวิตี (a_w)	0.28	0.37	0.32
จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFUต่อกรัม)	9.7×10^3	4.3×10^5	9.9×10^4
Salmonella sp. ใน 25 กรัมของตัวอย่าง	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Staphylococcus aureus โคโลนีต่อกรัม	0	0	0
Escherichia coli โคโลนีต่อกรัม	0	0	0
ยีสต์และรา ((CFUต่อกรัม)	10	50	31
อะฟลาทอกซิน (ppb)	1.30	6.05	3.46

5.5 คำนวณต้นทุนการผลิต

การคำนวณต้นทุนการผลิตฟลาวมันสำปะหลังคำนวณจากต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร โดยต้นทุนคงที่คำนวณจากต้นทุนของเครื่องมือ คิดอายุการใช้งานเท่ากับ 5 ปี ต้นทุนผันแปรคำนวณจากวัตถุดิบที่ต้องใช้ ค่าจ้างแรงงาน ค่าน้ำ และค่าไฟฟ้า โดยคิดเวลาการทำงานทั้งปี

เท่ากับ 300 วัน หัวมันสำปะหลังผลิตต่อวันเท่ากับ 600 กิโลกรัม ได้ฟลาวมันสำปะหลังวันละ 150 กิโลกรัม โดยมีรายละเอียดการคำนวณต้นทุนการผลิตแสดงดังภาคผนวก จ โดยต้นทุนการผลิตประกอบด้วยต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร ผลการคำนวณต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรของการผลิตฟลาวมันสำปะหลัง แสดงดังตารางที่ 52 และ 53

ตารางที่ 52 ต้นทุนคงที่ของการผลิตฟลาวมันสำปะหลัง

รายการต้นทุนคงที่	จำนวน (หน่วย)	เงินลงทุน (บาท) ต่อหน่วย	อายุการใช้งาน (ปี)	ต้นทุน (บาท) ต่อปี
1. เครื่องขูดหัวมันสำปะหลัง	1 เครื่อง	20,000	5	4,000
2. เครื่องคั้นน้ำ	1 เครื่อง	36,000	5	7,200
3. เครื่องโม่แห้ง	1 เครื่อง	60,000	5	12,000
4. ตู้อบแห้ง	1 เครื่อง	150,000	5	30,000
5. อุปกรณ์ ได้แก่ กะละมัง มีด เขียง	1 ชุด	10,000	5	2,000
	รวม			55,200

ตารางที่ 53 ต้นทุนผันแปรของการผลิตฟลาวมันสำปะหลัง

รายการต้นทุนผันแปร	ปริมาณที่ต้องการใช้	ราคา (บาท) ต่อหน่วย	รวมเงิน (บาท)
1. ถุงพลาสติกพอลีโพรพิลีน	9,180 ใบ	1.50	13,770
2. วัตถุดิบหัวมันสำปะหลัง	180,000 กิโลกรัม	1.00	180,000
3. ค่าจ้างแรงงาน	3 คน	165	148,500
4. ค่าน้ำใช้	1,500 ลูกบาศก์เมตร	4.50	6,750
5. ค่าไฟฟ้า	10,725 กิโลวัตต์	4.00	42,900
	รวม		391,920

เป้าหมายจำนวนฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตได้ต่อปี เท่ากับ 45,000 กิโลกรัม ต้นทุนคงที่ในการผลิตฟลาวมันสำปะหลังเท่ากับ 1.23 บาทต่อกิโลกรัม และต้นทุนผันแปรในการผลิตฟลาวมันสำปะหลังเท่ากับ 8.71 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้น ต้นทุนการผลิตฟลาวมันสำปะหลังจากหัวมันสำปะหลังปริมาณ 600 กิโลกรัมต่อวัน เพื่อผลิตฟลาวมันสำปะหลัง 150 กิโลกรัมต่อวัน จะมีต้นทุนการผลิตทั้งหมดประมาณ 9.94 บาทต่อกิโลกรัม

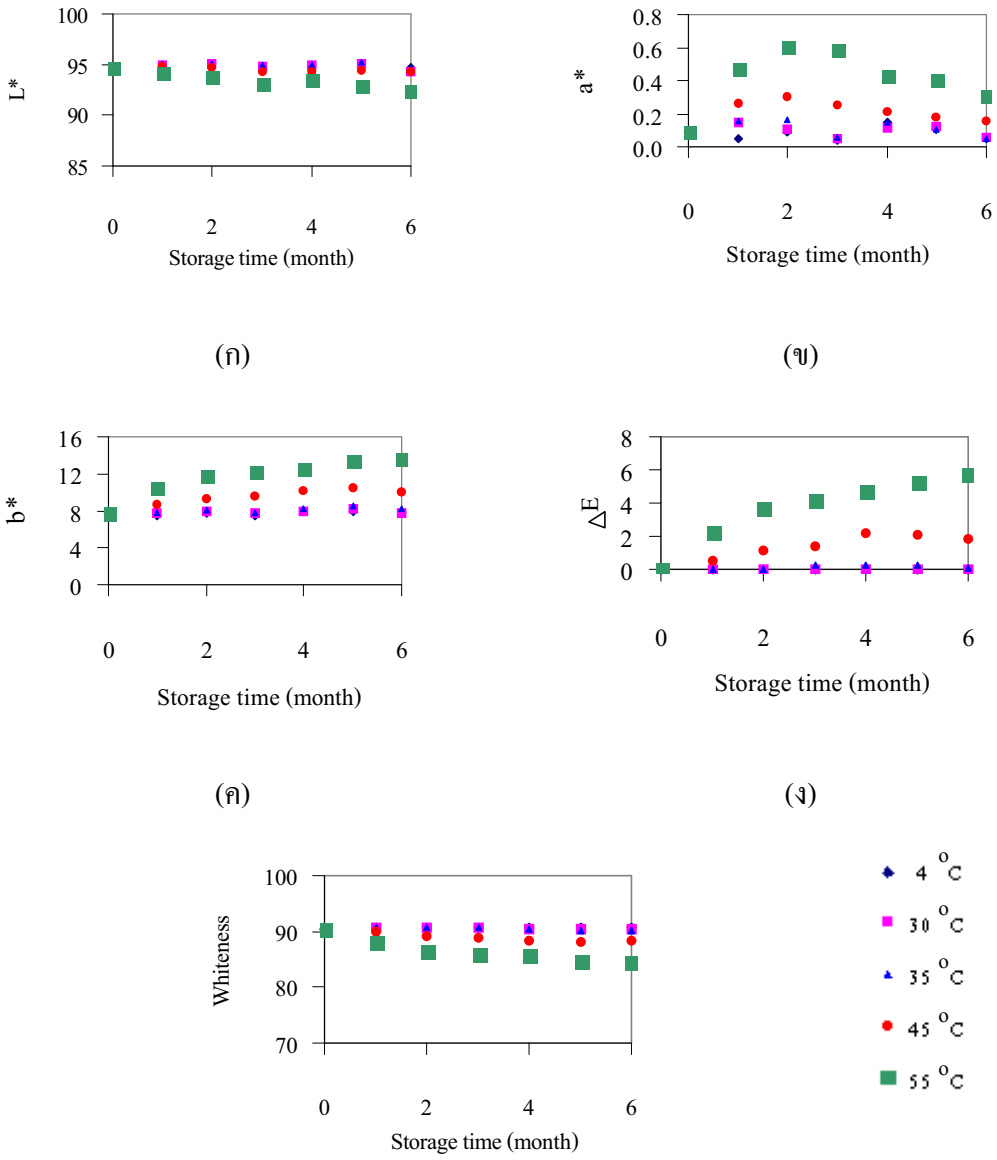
6. <u>ผลของอายุการเก็บรักษาของฟลาวมันสำปะหลัง</u>

การศึกษาอายุการเก็บรักษาฟลาวมันสำปะหลัง โดยใช้ฟลาวที่ผลิตจากมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 อายุ 12 เดือน จากจังหวัดกาญจนบุรี ทำการเก็บรักษาที่ 4 สภาวะ คือที่ 30, 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ทำการตรวจสอบคุณภาพแป้ง โดยเก็บตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้น และเก็บตัวอย่างทุก ๆ 1 เดือน เป็นเวลา 6 เดือน เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ทำการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผลการวิเคราะห์คุณภาพ มีดังนี้

6.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ก. ค่าสี

การวิเคราะห์ค่าสีของฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C, 30 ^{o}C, 35 ^{o}C, 45 ^{o}C และ 55 ^{o}C เป็นเวลา 6 เดือน ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 26



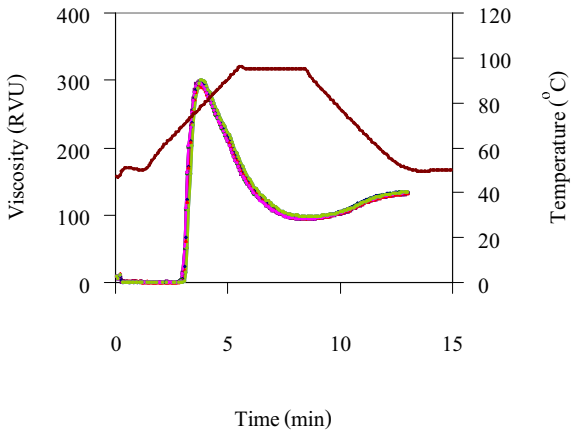
<u>ภาพที่ 26</u> ผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บต่อค่า L*, a*, b*, ΔE และ Whiteness ของฟลาวมันสำปะหลัง (ก) L* (ข) a* (ค) b* (ง) ΔE (จ) Whiteness (CIE)

จากการวิเคราะห์ค่าสีของฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C, 30°C, 35 °C, 45 °C และ 55 °C พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ค่า L* และค่าความขาว (Whiteness) ของฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C, 30°C, 35 °C มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 °C และ 55 °C พบว่าค่า L* และค่าความขาว (Whiteness) มีการเปลี่ยนแปลงในระดับที่ลดลง ซึ่งหมายถึงตัวอย่างมีความสว่างและความขาวลด

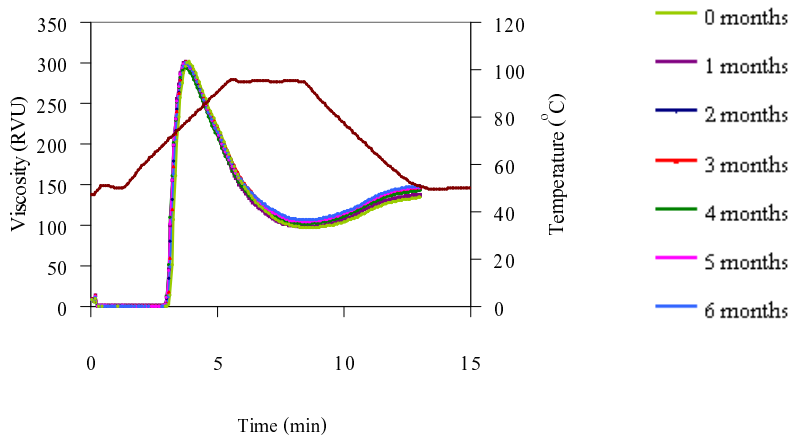
ลง การเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 °C และ 55 °C มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a* และ b* การเก็บฟลาวมันสำปะหลังที่อุณหภูมิสูงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a* เล็กน้อย คือมีผลทำให้ค่าสีแดงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง 1 ถึง 2 เดือน หลังจากนั้นค่าสีแดงจะมีค่าลดลง การเปลี่ยนแปลงค่าสีที่ชัดเจนในฟลาวมันสำปะหลังเมื่อทำการเก็บรักษาคือ ค่า b* โดยพบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงมีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงของสีเหลืองมีค่าเพิ่มมากขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) (MacDougall, 2002) จากโปรตีนและน้ำตาลที่มีอยู่ในฟลาวมันสำปะหลัง ซึ่งจากผลการทดลองศึกษาองค์ประกอบในฟลาวมันสำปะหลังพบว่ามีโปรตีนเป็นองค์ประกอบโดยน้ำหนักแห้งอยู่ประมาณร้อยละ 0.54–1.11 และในมันสำปะหลังพบว่ามีน้ำตาลรีดิวซ์เป็นองค์ประกอบโดยน้ำหนักแห้งอยู่ถึง ร้อยละ 4.15-5.43 (ลัดดาวัลย์, 2544) โดยอุณหภูมิที่สูงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้เกิดได้เร็วขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าสี b* ที่เกิดขึ้นชัดเจนนี้ เป็นข้อที่ควรระวังสำหรับการเก็บรักษาฟลาวมันสำปะหลังที่จะทำการเก็บและขนส่งในระหว่างการจัดจำหน่าย ส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่า ΔE ซึ่งหมายถึงค่าความแตกต่างของสีตัวอย่างกับตัวอย่างมาตรฐาน หาได้จากค่าความแตกต่างระหว่างค่าความสว่าง ความเป็นสีแดง-เขียว และความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน พบว่าค่า ΔE มีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นที่อุณหภูมิสูง จากผลการทดลองพบว่าการเก็บรักษาฟลาวมันสำปะหลังที่อุณหภูมิไม่เกิน 35 °C ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีในค่า L*, a*, b* และค่า ΔE

ข. คุณสมบัติด้านความหนืด

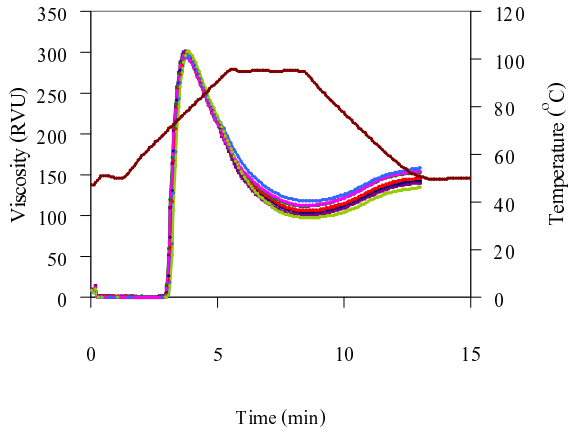
นำตัวอย่างฟลาวมันสำปะหลัง ที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C, 30 °C, 35 °C, 45 °C และ 55 °C เป็นเวลา 6 เดือน มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid visco analyzer (RVA) ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 27



(ก)

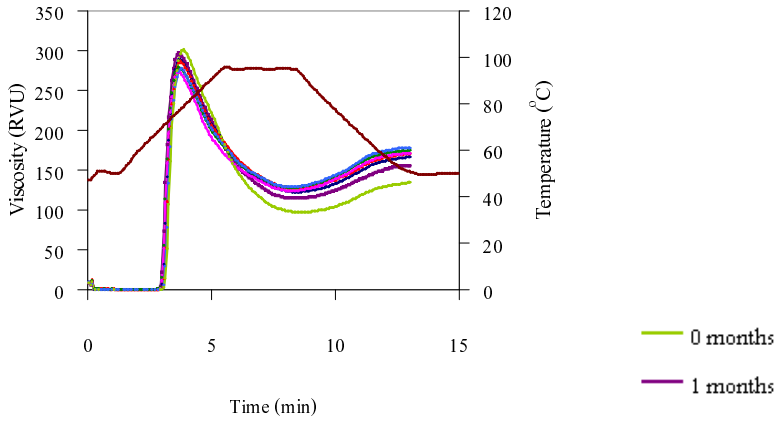


(ข)

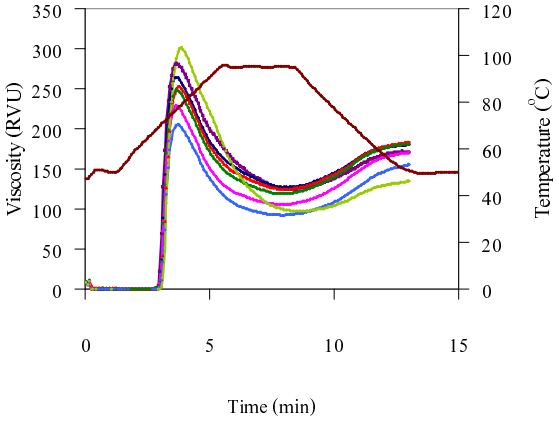


(ค)

ภาพที่ 27 คุณสมบัติด้านความหนืดเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA ของฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนที่ (ก) 4 °C (ข) 30 °C (ค) 35 °C (ง) 45 °C และ (จ) 55 °C



(ง)



(จ)

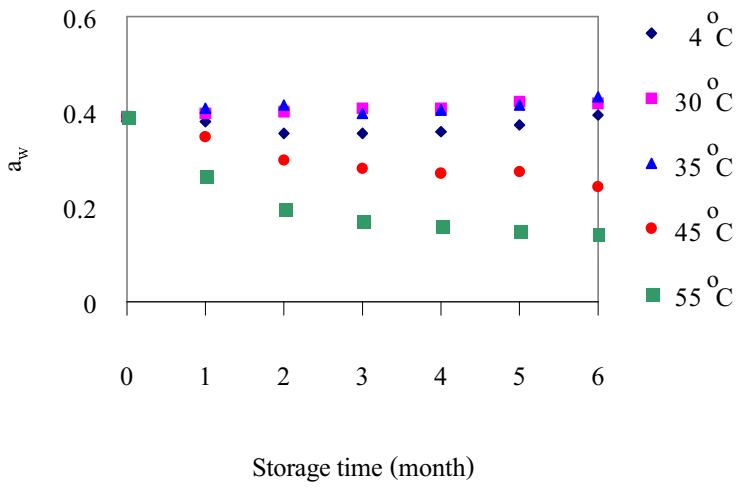
ภาพที่ 27 (ต่อ)

จากภาพที่ 27 พบว่าการเก็บฟลาวมันสำปะหลังที่อุณหภูมิ 4 °C ไม่พบการเปลี่ยนแปลงเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน และพบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่สูงขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านความหนืด โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงจะพบการเปลี่ยนแปลงความหนืดสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 °C และ 55 °C พบการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดที่ชัดเจนเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน (รายละเอียดค่าตรวจวิเคราะห์ความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ แสดงดังภาคผนวก ฉ)

ค. ค่า a_w

จากภาพที่ 28 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของฟลาวมันสำปะหลังในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิไม่เกิน 35 °C แต่การเก็บที่อุณหภูมิ

45 และ 55 °C พบว่าค่า a_w มีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อเวลาในการเก็บมากขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงมีผลทำให้น้ำที่มีอยู่ในฟลาวมันสำปะหลังเกิดการระเหยออกไปได้ โดยฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บรักษาบรรจุอยู่ในถุงพลาสติกชนิดพอลีโพรพิลีน ซึ่งมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำ (Water vapor permeability) ที่อุณหภูมิ 38 °C เท่ากับ 0.047 g.mm/m^2.d.kPa (Krochta and De Mulder-Johnston., 1996) แสดงให้เห็นว่าไอน้ำสามารถซึมผ่านถุงพลาสติกชนิดนี้ได้เล็กน้อย และพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำจะสูงขึ้น จึงมีผลทำให้ค่า a_w ใน ฟลาวมันสำปะหลังมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Shah *et al.*, (1998) ที่ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อค่าการซึมผ่านของไอน้ำ โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 40 °C ความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำมีค่าสูงกว่าที่อุณหภูมิ 30 °C อยู่ประมาณ 2.7 – 3.0 เท่า โดยขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นและความหนาของฟิล์มพลาสติกพอลีโพรพิลีน



ภาพที่ 28 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ในฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บที่อุณหภูมิต่างๆ

6.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นแปลกปลอมประเมินค่าทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบความแตกต่างเปรียบเทียบกับตัวควบคุม (Difference from Control) โดยประเมินความแตกต่างด้านกลิ่นแปลกปลอม โดยใช้วิธีการให้คะแนน 0-10 (โดยที่ 0 = ไม่แตกต่าง, 10 = แตกต่างมากที่สุด) ของตัวอย่างที่ทำการเก็บที่อุณหภูมิห้องอุณหภูมิ 35 45 และ 55 °C

เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝนมาแล้วในห้องปฏิบัติการ จำนวน 12 คน พบว่าการเก็บรักษาฟลาวมันสำปะหลังที่อุณหภูมิ 4 และ 30 °C เป็นเวลา 6 เดือน ผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างด้านกลิ่นแปลกปลอมได้ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่สูงขึ้น คือ 35, 45 และ 55 °C พบว่าผู้ทดสอบสามารถบอกความแตกต่างของกลิ่นได้ จากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าการทดสอบความแตกต่างด้านกลิ่นภายในอายุการเก็บรักษาเดียวกัน ผู้ทดสอบสามารถบอกความแตกต่างได้ในตัวอย่างที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 และ 55 °C ตั้งแต่ทำการเก็บเป็นระยะเวลา 1 เดือน แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิในการเก็บเดียวกัน พบว่าผู้ทดสอบสามารถบอกความแตกต่างได้ที่อุณหภูมิในการเก็บตั้งแต่ 35 °C ขึ้นไป โดยพบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 °C ผู้ทดสอบสามารถบอกความแตกต่างได้เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 5, 1 และ 1 เดือน ตามลำดับ ดังตารางที่ 54

ตารางที่ 54 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นแปลกปลอมโดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบความแตกต่างแบบเปรียบเทียบกับตัวควบคุม (Difference from Control Test)

อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°C)	ระดับกลิ่นแปลกปลอมที่เปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา (เดือน)						
	0	1	2	3	4	5	6
0	0.52 $^{ns, NS}$	0.52 $^{b, NS}$	0.48 $^{b, NS}$	0.80 $^{c, NS}$	0.60 $^{c, NS}$	0.48 $^{c, NS}$	0.40 $^{c, NS}$
30	0.52 $^{ns, NS}$	0.48 $^{b, NS}$	0.40 $^{b, NS}$	0.64 $^{c, NS}$	0.76 $^{c, NS}$	0.64 $^{c, NS}$	0.40 $^{c, NS}$
35	0.52 $^{ns, BC}$	0.48 $^{b, C}$	0.48 $^{b, C}$	0.92 $^{c, ABC}$	0.68 $^{c, ABC}$	1.16 $^{c, A}$	1.04 $^{c, AB}$
45	0.52 $^{ns, E}$	1.32 $^{a, D}$	1.8 $^{a, D}$	2.12 $^{b, BC}$	2.60 $^{b, AB}$	2.84 $^{b, A}$	3.28 $^{b, A}$
55	0.52 $^{ns, E}$	1.52 $^{a, D}$	2.48 $^{a, C}$	4.32 $^{a, B}$	4.80 $^{a, AB}$	5.32 $^{a, A}$	5.68 $^{a, A}$

a,b,c... ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

A,B,C…ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

6.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทีย์เมื่อทำการเก็บฟลาวมันสำปะหลังที่อุณหภูมิ 4 °C, 30 °C, 35 °C, 45 °C และ 55 °C เป็นเวลา 6 เดือน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 55

ตารางที่ 55 ปริมาณเชื้อจุลินทีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ในฟลาวมันสำปะหลังที่เก็บรักษาในอุณหภูมิและระยะเวลาต่างกัน

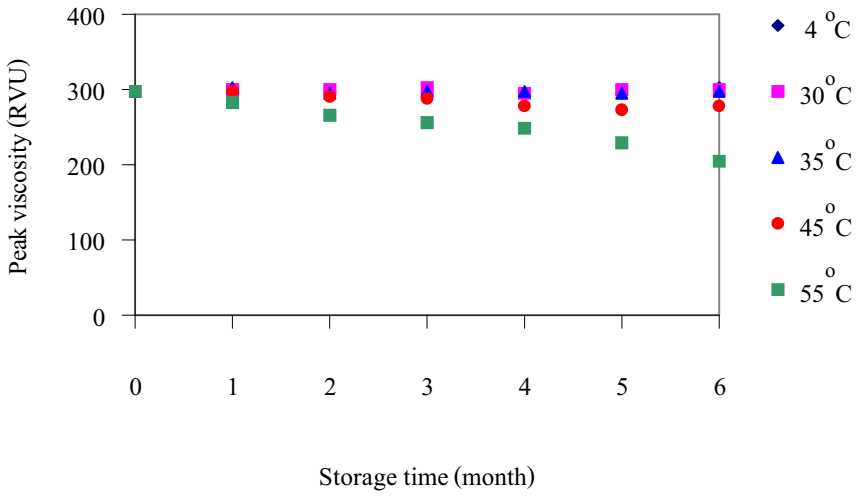
อุณหภูมิที่เก็บรักษา (^{o}C)	ปริมาณเชื้อ (CFU/g ตัวอย่าง)	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)						
		0	1	2	3	4	5	6
4	จุลินทรีย์ทั้งหมด	$2.6x10^4$	$2.6x10^4$	$1.2x10^5$	$9.8x10^4$	$5.8x10^4$	$1.0x10^5$	$1.1x10^5$
	ยีสต์และรา	33	27	36	29	32	24	22
30	จุลินทรีย์ทั้งหมด	$2.6x10^4$	$2.0x10^4$	$3.0x10^4$	$7.0x10^4$	$1.6x10^4$	$6.4x10^4$	$8.9x10^4$
	ยีสต์และรา	33	46	19	24	24	26	30
35	จุลินทรีย์ทั้งหมด	$2.6x10^4$	$7.0x10^3$	$3.8x10^4$	$4.7x10^4$	$5.7x10^3$	$4.5x10^4$	$4.1x10^4$
	ยีสต์และรา	33	10	21	10	29	10	26
45	จุลินทรีย์ทั้งหมด	$2.6x10^4$	$1.1x10^4$	$5.7x10^4$	$2.6x10^4$	$1.1x10^4$	$4.9x10^4$	$1.7x10^4$
	ยีสต์และรา	33	14	22	32	19	5	9
55	จุลินทรีย์ทั้งหมด	$2.6x10^4$	$1.5x10^4$	$3.9x10^4$	$6.0x10^4$	$5.7x10^3$	$4.0x10^4$	$2.3x10^4$
	ยีสต์และรา	33	5	0	0	0	0	0

จากผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ในฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บต่างกัน (ตารางที่ 55) พบว่าการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนไม่เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ โดยสรุปปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีอยู่ในฟลาวมันสำปะหลังมีปริมาณน้อยกว่า $1 X 10^6$ และมีปริมาณยีสต์และรา น้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ (ได้แก่ ค่าสี ความหนืด และค่า a_w) คุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณภาพทางจุลินทรีย์ ของฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ สามารถสรุปหาเวลาที่ฟลาวมันสำปะหลังเริ่มเสื่อมเสีย โดยการวิเคราะห์ที่ใช้ในการตัดสินว่าฟลาวมันสำปะหลังมีการเสื่อมเสีย คือ การวิเคราะห์ค่าความหนืด และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น โดยการวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดจะตัดสินว่าถ้าความหนืดมีการเปลี่ยนแปลงไปจากตัวอย่างเริ่มต้นเกินร้อยละ 20 จะตัดสินว่าที่จุดนั้นเกิดการเสื่อมเสีย ที่ใช้ค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดในการตัดสินการเสื่อมเสีย เนื่องจากการนำฟลาวมันสำปะหลังไปใช้งาน องค์ประกอบส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในฟลาวมันสำปะหลัง คือ แป้ง ซึ่งให้คุณสมบติทางด้านความหนืดแก่ผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงทางด้านความหนืดที่เกิดขึ้น จะส่งผลกระทบต่อการนำไปใช้งาน และส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต โดยเฉพาะกับเครื่องมือที่ใช้ในกระบวน

การผลิต และส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้ ซึ่งโดยทั่วไปในการกำหนดคุณภาพสินค้าของแป้งทางการค้า จะมีมาตรฐานกำหนดคุณภาพทางด้านความหนืดของแป้งทางการค้าไว้ว่าจะมีการคาดเคลื่อนอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 20 (Lhian Thai Rice Vermicelli Co.,Ltd, 2006) ดังนั้นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 °C และ 45 °C มีระยะเวลาที่ตัวอย่างเริ่มเสื่อมเสีย (มีการเปลี่ยนแปลงความหนืดไปร้อยละ 20) ที่เวลาในการเก็บรักษา 5 และ 1 เดือน ตามลำดับ และพบว่าที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 55 °C ที่ระยะเวลา 1 เดือน ตัวอย่างฟลาวมันสำปะหลังมีการเสื่อมเสียแล้วเช่นกัน และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C และ 30 °C ยังไม่พบการเสื่อมเสียที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน

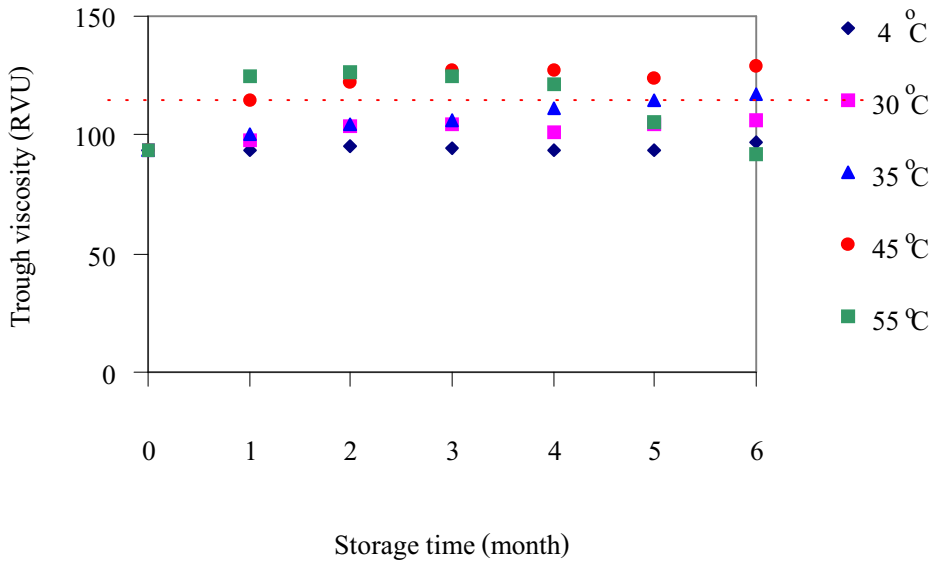
จากผลการเปลี่ยนแปลงทางด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน จะทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดเพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดสูงสุด ความหนืดต่ำสุด และความหนืดสุดท้าย มีผลการเปรียบเทียบแสดงดังภาพที่ 29 – 31



ภาพที่ 29 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดสูงสุดของฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 6 เดือน

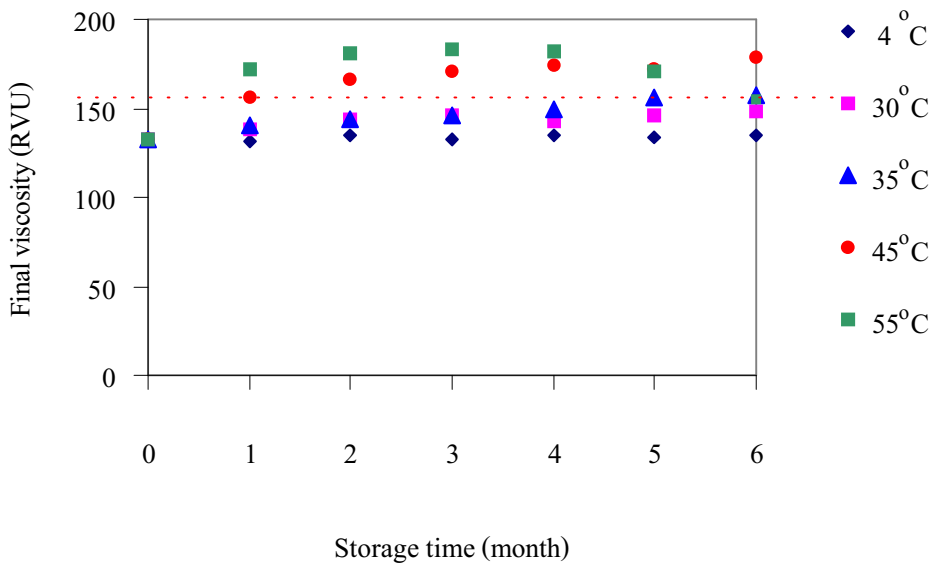
จากภาพที่ 29 พบว่าการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดสูงสุดของฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C, 30 °C และ 35 °C ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 6

เดือน แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 °C และ 55 °C พบการเปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลา 2 เดือนและ 1 เดือน ตามลำดับ



ภาพที่ 30 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดต่ำสุดของฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 6 เดือน

จากภาพที่ 30 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดต่ำสุดของฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บรักษาที่ทุกอุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิ 4 °C เริ่มเห็นมีการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดต่ำสุดโดยมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยที่เวลาในการเก็บรักษา 6 เดือน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C ถึง 45 °C เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดต่ำสุดโดยมีแนวโน้มสูงขึ้นตั้งแต่การเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน ส่วนการเก็บรักษาที่ 55 °C ค่าความหนืดต่ำสุดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน และมีค่าคงที่ หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน พบว่าการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดต่ำสุดจะมีค่าลดลง จากค่าการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดต่ำสุด เมื่อใช้เกณฑ์กำหนดว่าการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของฟลาวมันสำปะหลังจะต้องไม่เกินร้อยละ 20 ของความหนืดเริ่มต้น ดังนั้นจะพบว่าฟลาวมันสำปะหลังที่เริ่มมีการเสื่อมเสียเกินร้อยละ 20 ทางด้านความหนืดต่ำสุด ที่ระยะเวลา 5 เดือน, 1 เดือน และต่ำกว่า 1 เดือน เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 °C, 45 °C และ 55 °C ตามลำดับ

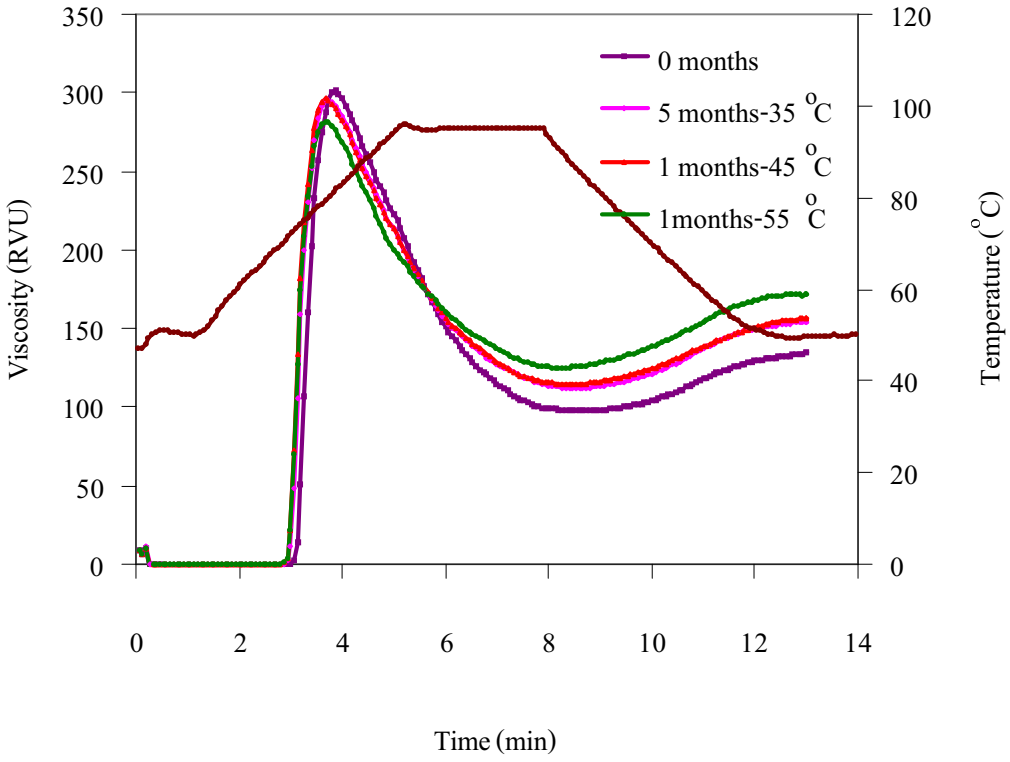


ภาพที่ 31 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดสุดท้ายของฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 6 เดือน

จากภาพที่ 31 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดสุดท้ายของฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บรักษาที่ทุกอุณหภูมิ 30 °C ถึง 55 °C การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C ถึง 45 °C เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดสุดท้ายโดยมีแนวโน้มสูงขึ้นตั้งแต่การเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน ส่วนการเก็บรักษาที่ 55 °C ค่าความหนืดสุดท้ายมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน และมีเพิ่มขึ้นจนถึงระยะเวลา 4 เดือน หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน พบว่าการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดสุดท้ายจะมีค่าลดลง จากค่าการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดสุดท้าย เมื่อใช้เกณฑ์กำหนดว่าการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของฟลาวมันสำปะหลังจะต้องไม่เกินร้อยละ 20 ของความหนืดเริ่มต้น ดังนั้นจะพบว่า ฟลาวมันสำปะหลังที่เริ่มมีการเสื่อมเสียเกินร้อยละ 20 ทางด้านความหนืดต่ำสุด ที่ระยะเวลา 5 เดือน, 1 เดือน และต่ำกว่า 1 เดือน เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 °C, 45 °C และ 55 °C ตามลำดับ

การตัดสินการเสื่อมเสียของฟลาวมันสำปะหลังโดยใช้เกณฑ์การเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดเกินร้อยละ 20 เป็นเกณฑ์ เมื่อนำกราฟการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดมาทำการเปรียบเทียบผลแสดงดังภาพที่ 32 โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 °C และ 45 °C ที่ระยะเวลา 5 เดือนและ 1 เดือนตามลำดับ มีการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดเกินร้อยละ 20 ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

55 °C พบว่าที่ระยะเวลา 1 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดเกินร้อยละ 20 แสดงว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 °C จะทำการเก็บรักษาได้ต่ำกว่า 1 เดือน



ภาพที่ 32 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังที่เสื่อมเสียกับตัวอย่างเริ่มต้น

ดังนั้นเมื่อทราบเวลาที่ตัวอย่างฟลาวมันสำปะหลังเริ่มเกิดการเสื่อมเสีย คือ 5 เดือน เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 °C และ 1 เดือน เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 °C สามารถนำผลที่ได้มาทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C และ 55 °C ได้ (วิธีการคำนวณแสดงดังภาคผนวก ช)

จากการทำนายอายุการเก็บรักษาฟลาวมันสำปะหลังที่อุณหภูมิ 30 °C และ 55 °C พบว่าฟลาวมันสำปะหลังจะมีอายุการเก็บรักษา โดยคุณภาพของฟลาวมันสำปะหลังจะมีการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดไปไม่เกินร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิ 30 °C และ 55 °C เท่ากับ 11 เดือน และ 6 วัน ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 55 °C ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษา 1 เดือน ตัวอย่างฟลาวมันสำปะหลังมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทั้งทางด้านกายภาพ ด้านประสาทสัมผัส ในปริมาณที่สูง นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความหนืดมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อ

เปรียบเทียบกับคุณภาพด้านความหนืดเริ่มต้นมากกว่าร้อยละ 30 ซึ่งในงานวิจัยได้กำหนดการเสื่อมเสียไว้ว่าการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดต้องไม่เกินร้อยละ 20 ดังนั้นอายุการเก็บรักษาฟลาวมันสำปะหลังที่อุณหภูมิ 55 °C จะมีค่าต่ำกว่า 1 เดือน และจากการคำนวณอายุการเก็บรักษา พบว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 55 °C จะทำการเก็บรักษาได้เพียง 6 วันเท่านั้น

7. ผลการยอมรับของผู้ใช้ฟลาวมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์อาหาร และการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์จากฟลาวมันสำปะหลัง

7.1 ผลการยอมรับของผู้ใช้ฟลาวมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์อาหาร

จากตารางที่ 56 การทดสอบการนำไปใช้ในกลุ่มผู้ผลิตผลิตภัณฑ์อาหารหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (รายชื่อผู้ทดลองใช้ในภาคผนวก ค) จากจำนวนผู้ทดสอบทั้งสิ้น 29 ราย กับผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น 34 รายการ พบว่าผู้ทดสอบยอมรับการนำฟลาวมันสำปะหลังไปใช้ในผลิตภัณฑ์ได้ 17 รายการ และไม่ยอมรับ 17 รายการ คิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ทดแทนได้บางส่วนหรือทดแทนได้ทั้งหมดร้อยละ 50 ในผู้ทดสอบรายที่ยอมรับการนำไปใช้ พบว่าสามารถนำไปใช้ทดแทนแป้งทางการค้าปัจจุบันได้ร้อยละ 50-100 โดยสามารถใช้ทดแทนแป้งทางการค้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี และแป้งมันสำปะหลัง จากการสัมภาษณ์ผู้ใช้รายที่ไม่ยอมรับการนำไปใช้ทดแทนแป้งทางการค้า ส่วนใหญ่ให้ข้อเสนอแนะว่าเนื่องจากเป็นฟลาวตัวใหม่และผู้ใช้ยังไม่เคยใช้มาก่อน สูตรและขั้นตอนการผลิตต้องมีการปรับสูตรให้เหมาะสม ซึ่งต้องใช้เวลาในการทดสอบ ต้องลองทำหลาย ๆ สูตร ซึ่งต้องใช้เวลาและต้นทุนในการศึกษา จึงเสนอแนะว่าควรมีงานวิจัยศึกษาถึงสูตรที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ก่อน เพื่อเป็นสูตรสำหรับให้ผู้ใช้สามารถนำไปใช้ เพื่อประหยัดเวลาและต้นทุนในการทดลองนำไปใช้จริง นอกจากนี้ผู้ใช้บางรายได้ให้ข้อมูลว่ายังไม่มีความชำนาญมากเพียงพอในการปรับสูตรเพื่อให้ได้สูตรที่เหมาะสม ซึ่งการที่ผู้ใช้บางรายให้ข้อมูลว่าไม่ยอมรับการนำฟลาวมันสำปะหลังไปใช้ทดแทนในผลิตภัณฑ์นั้น ถ้าทำการศึกษาการปรับสูตรต่อไปอีก คาดว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำฟลาวมันสำปะหลังไปใช้ทดแทนแป้งทางการค้าอื่นๆในผลิตภัณฑ์ได้

ตารางที่ 56 การทดสอบการยอมรับของผู้ใช้ฟลาวมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์อาหาร

ลำดับที่	กลุ่มผู้ใช้	สถานที่ทดสอบ	ชนิดของผลิตภัณฑ์	ชนิดของแป้ง/ปริมาณที่ใช้ทดแทน (%)	การยอมรับเมื่อนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์
1	ผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์	จ.เพชรบุรี	ทองม้วน	แป้งข้าว / 80	√
2			ขนมชั้น	แป้งมัน / 100	X
3			ทองม้วน	แป้งข้าว+สาลี / 100	X
4			ทองม้วน	แป้งข้าว+สาลี / 100	X
5			ทองม้วน	แป้งมัน / 100	√
			ขนมบ้าบิ่น	แป้งมัน / 100	√
6			ขนมชั้น	แป้งมัน / 80	√
7		จ.นครปฐม	ขนมชั้น	แป้งมัน / 100	X
8			ขนมชั้น	แป้งมัน / 100	X
9			ทองม้วน	แป้งข้าว / 100	√
10			ขนมชั้น	แป้งมัน / 100	√
			ลอดช่องสิงคโปร์	แป้งมัน / 100	√
11		จ.กาญจนบุรี	ทองม้วน	แป้งข้าว / 100	√
12			ทองม้วน	แป้งข้าว+แป้งสาลี / 100	√
13			ขนมชั้น	แป้งมัน / 100	X
14			ทองม้วน	แป้งข้าว+แป้งสาลี / 100	√
15		จ.ปทุมธานี	ข้าวเกรียบเห็ด	แป้งมัน / 100	√
16			ข้าวเกรียบผลไม้	แป้งมัน / 100	√
17			ทองม้วน	แป้งสาลี / 100	√
18			ขนมชั้น	แป้งมัน / 100	X
20			ขนมชั้น	แป้งมัน / 100	X
21			ทองม้วน	แป้งมัน / 100	√
22		จ.พระนครศรีอยุธยา	ข้าวเกรียบผลไม้	แป้งมัน / 100	√
			ขนมกรวยแก้ว	แป้งสาลี / 100	X
23			ทองม้วน	แป้งสาลี / 100	X
			ครองแครงเผือก	แป้งข้าวเหนียว / 100	X
24			ขนมปากริม	แป้งข้าวเจ้า / 100	X
			ข้าวเกรียบผลไม้	แป้งมัน / 100	X

ตารางที่ 56 (ต่อ)

ลำดับที่	กลุ่มผู้ใช้	สถานที่ทดสอบ	ชนิดของผลิตภัณฑ์	ชนิดของแป้ง/ปริมาณที่ใช้ทดแทน (%)	การยอมรับเมื่อนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์
25		จ.นนทบุรี	ทองม้วน	แป้งข้าว + สาลี / 100	X
26			บัวลอย	แป้งข้าวเหนียว / 100	X
27			บัวลอย	แป้งข้าวเหนียว / 100	X
28			ครองแครง	แป้งมัน / 100	√
29			ขนมชั้น	แป้งมัน / 100	X
			ข้าวเกรียบ	แป้งมัน / 100	√
30	อาจารย์/นิสิต	ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ขนมมัน	เนื้อมัน / 67	√
31			ขนมตาล	แป้งข้าว / 30	√
32			บัทเตอร์เค้ก	แป้งสาลี / 100	√
33			พัฟเพสตรี้	แป้งสาลี / 20	√
34			ปาท่องโก๋	แป้งสาลี / 10	√
35			ขนมชั้น	แป้งมัน +แป้งข้าว / 56	√
36			แป้งชุบทอด	แป้งสาลี / 53	√
37			แป้งพิซซ่า	แป้งสาลี / 38	√
38	แม่บ้าน/พ่อบ้าน	จ.กรุงเทพฯ	คุกกี้	แป้งสาลี / 50	√
39			เอแคลร์	แป้งสาลี / 100	√
40			ขนมผิง	แป้งมัน / 100	√
41			วัฟเฟิล	แป้งสาลี / 50	√
42			ข้าวเกรียบกุ้ง	แป้งมัน / 100	√
43			คุกกี้	แป้งสาลี / 50	√
44			บัทเตอร์เค้ก	แป้งสาลี / 50	√
45			ข้าวเกรียบกล้วย	แป้งมัน / 100	√
46	ร้านเบเกอร์รี่	จ.กรุงเทพฯ	เอแคลร์	แป้งสาลี / 100	√
47	โรงงานอุตสาหกรรม	จ.สมุทรสาคร	ขนมปังขาไก่	แป้งสาลี / 50	√
			บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป	แป้งสาลี / 30	√

หมายเหตุ √ หมายถึงยอมรับ

X หมายถึงไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์

การทดสอบผู้ใช้กลุ่มอาจารย์และนิสิตจำนวน 8 ราย กับผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น 8 รายการ พบว่าผู้ทดสอบกลุ่มนี้ได้ใช้เวลาในการศึกษาการนำไปใช้ มีการศึกษาทดลองปรับสูตรให้เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น 8 รายการ ยอมรับว่าสามารถนำไปใช้ทดแทนแป้งทางการบางส่วนหรือใช้ได้ทั้งหมด 8 รายการ ผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้ฟลาวมันสำปะหลังทดแทนแป้งทางการค้าได้ มีดังต่อไปนี้ คือ ขนมมัน ขนมตาล บัตเตอร์เค้ก พัฟเพสตรี้ ปาท่องโก๋ ขนมชั้น แป้งชุบทอด และแป้งพิซซ่า โดยฟลาวมันสำปะหลังสามารถนำไปใช้ทดแทนเนื้อมันสำปะหลัง ฟลาวข้าวเจ้า ฟลาวสาลี และแป้งมันสำปะหลัง ได้ตั้งแต่ร้อยละ 10 ถึง 100 และผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้งหมดผู้ใช้ได้นำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ให้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 57

ตารางที่ 57 ผลการนำฟลาวมันสำปะหลังไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด

ผลิตภัณฑ์	ผลการนำไปใช้
ขนมมันสำปะหลัง ผู้ทดลอง : คุณพิณฉัดดา เหมทานนท์	ชนิดของแป้ง / ปริมาณที่ใช้ทดแทน (%): เนื้อมันสำปะหลังสด / 67 สูตร: แป้งมันสำปะหลัง 8.3 % ฟลาวมันสำปะหลัง 16.7 % น้ำตาลทราย 25 % กะทิ 30 % น้ำ 20 % การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค: - คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.2) - ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ 80 %
ขนมตาล ผู้ทดลอง : ผศ.ดร.กมลวรรณ แจ้งชัด	ชนิดของแป้ง / ปริมาณที่ใช้ทดแทน (%): แป้งข้าวเจ้า / 30 สูตร: แป้งข้าวเจ้า 18.77 % ฟลาวมันสำปะหลัง 8.04 %

ตารางที่ 57 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ผลการนำไปใช้
	น้ำตาลทราย 24.58 % กะทิ 4.35 % เกลือ 0.20 % เนื้อตาลสุกสเตอริไรซ์ 14.48 % ยีสต์ 0.47 % ผงฟู 0.94 % น้ำ 28.17 % การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค: - คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก (7.5)
บัตเตอร์เค้ก ผู้ทดลอง : คุณพัชรินทร์ เพชรมาก	ชนิดของแป้ง / ปริมาณที่ใช้ทดแทน (%): แป้งสาลี / 100 สูตร: ฟลาวมันสำปะหลัง 17.40 % สารทดแทนไขมัน 8.53 % เนยสด 15.83 % ไข่แดง 3.32 % ไข่ขาว 24.51 % นม 6.26 % น้ำตาลทราย 18.09 % ผงฟู 0.64 % เกลือ 0.48 % อิมัลซิไฟเออร์ 3.68 % กลิ่นเนย 0.53 % กัวร์กัม 0.75 %

ตารางที่ 57 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ผลการนำไปใช้
	การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค: - คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.03) - ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ 85 %
พัฟเพสตรี้ ผู้ทดลอง : คุณเบญจพร มีเกาะ	ชนิดของแป้ง / ปริมาณที่ใช้ทดแทน (%): แป้งสาลี / 45 สูตร: แป้งสาลี 23.54 % ฟลาวมันสำปะหลัง 19.26 % น้ำ 28.6 % เพสตรี้มาการีน 28.6 % มาการีน 4.43 % เกลือ 0.63 % การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค: - คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.9) - ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ 85 % - ผู้บริโภคจะซื้อผลิตภัณฑ์ 65 % - การทดสอบผู้บริโภคแบบ Home Use Test กับผลิตภัณฑ์พัฟเพสตรี้แช่เยือกแข็ง พบว่าผู้บริโภคทั้งหมดยอมรับและจะซื้อผลิตภัณฑ์ 100 %
ปาท่องโก๋ ผู้ทดลอง : คุณพจนีย์ พงศ์พงัน	ชนิดของแป้ง / ปริมาณที่ใช้ทดแทน (%): แป้งสาลี / 10 สูตร: แป้งสาลี 39.37 % ฟลาวมันสำปะหลัง 4.37 % น้ำตาลทราย 10.94 % เกลือ 1.14 %

ตารางที่ 57 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ผลการนำไปใช้
	แอมโมเนียผง 0.98 % น้ำ 38.44 % การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค: -
ขนมชั้น ผู้ทดลอง : คุณวาลิกา สนองคุณ	ชนิดของแป้ง / ปริมาณที่ใช้ทดแทน (%): แป้งมัน +แป้งข้าว / 56 สูตร: ฟลาวมันสำปะหลัง 11.8 % แป้งมันสำปะหลัง 3.9 % ฟลาวข้าว 5.3 % น้ำตาลทราย 28.0 % กะทิ 25.0 % น้ำ 25.0 % กลิ่นใบเตย 0.75 % สีเขียว 0.25 % การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค: - คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบปานกลาง - ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ 91.3 %
แป้งชุบทอด ผู้ทดลอง : คุณปิยวรรณ ฉ่ำมิ่งขวัญ	ชนิดของแป้ง / ปริมาณที่ใช้ทดแทน (%): แป้งสาลี / 53 สูตร: ฟลาวมันสำปะหลัง 40.8 % ฟลาวข้าวหอมมะลิ 40.8 % ฟลาวมันสำปะหลังพรีเจล 6.5 % พริกไทย 3.3 % เกลือ 2.9 %

ตารางที่ 57 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ผลการนำไปใช้
	เกลือ 2.9 % ผงฟู 2.4 % ผงกระเทียม 1.6 % น้ำตาลทราย 1.6 % การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค: - การทดสอบผู้บริโภคแบบ Home Use Test กับผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอด พบว่าผู้บริโภคทั้งหมดยอมรับคุณภาพโดยรวม 97.6 % และสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ 94.5 %
แป้งพิซซ่า ผู้ทดลอง : คุณปถมาภรณ์ หาญพานิช	ชนิดของแป้ง / ปริมาณที่ใช้ทดแทน (%): แป้งสาลี / 38 สูตร: แป้งสาลี 36.31 % ฟลาวมันสำปะหลัง 21.81 % ไข่รวม 8.95 % เกลือ 0.76 % น้ำตาลทราย 1.92 % เนยขาว 1.74 % ยีสต์ 1.51 % น้ำ 27.00 % การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค: - ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรวมระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก (7.8)

การทดสอบการยอมรับของกลุ่มแม่บ้าน จำนวน 8 ราย กับผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น 8 รายการ ผลการทดสอบพบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น 8 รายการ ผู้ทดสอบยอมรับว่าสามารถนำไปใช้ทดแทนแป้งทางการค้าได้ ตั้งแต่ร้อยละ 50 – 100 โดยผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำฟลาวมันสำปะหลังไปใช้ได้ทั้งสิ้น 8 รายการ คือ คุ้กกี้ เอแคลร์ ขนมผิง วัฟเฟิล ข้าวเกรียบ และบัตเตอร์เค้ก ส่วนการทดสอบผู้ใช้ร้านค้า 1 ราย และโรงงานอุตสาหกรรม 1 ราย กับผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น 3 รายการ พบว่าผู้ทดสอบ

ยอมรับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เอแคลร์ ขนมปังขาไก่ และบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โดยสามารถนำไปใช้ทดแทนแป้งสาลีได้ ร้อยละ 100, 50 และ 30 ตามลำดับ

7.2 ผลการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์จากฟลาวมันสำปะหลัง

ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์จากฟลาวมันสำปะหลัง 2 ผลิตภัณฑ์ คือ ข้าวเกรียบและทองม้วน โดยวิธี Central Location Test (CLT) จากการนำข้าวเกรียบและทองม้วนที่ผลิตจากฟลาวมันสำปะหลังร้อยละ 100 ผลิตโดยกลุ่มแม่บ้านจังหวัดปทุมธานี ทำการทดสอบกับผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 200 คน โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการบริโภคแป้ง ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์จากฟลาวมันสำปะหลัง

การแบ่งกลุ่มผู้บริโภคตามลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม แสดงดังตารางที่ 58 พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 69 อายุอยู่ในช่วง 15-25 ปีเป็นส่วนใหญ่ ร้อยละ 37 รองลงมาคือ อายุมากกว่า 46 ปี ร้อยละ 23 ช่วงอายุ 26-35 ปี ร้อยละ 21 และช่วงอายุ 36-45 ปี ร้อยละ 18 ตามลำดับ การศึกษาระดับปริญญาตรีมากที่สุด ร้อยละ 62 ระดับสูงกว่าปริญญาตรีร้อยละ 18 และมัธยมศึกษา-อนุปริญญา ร้อยละ 16 อาชีพของผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นนิสิต/นักศึกษา ร้อยละ 40 รองลงมาคือ ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ ร้อยละ 22 เจ้าของธุรกิจ ร้อยละ 15 และแม่บ้าน ร้อยละ 12 ตามลำดับ สำหรับรายได้โดยส่วนใหญ่อยู่ในช่วง > 15,000 บาท ร้อยละ 28 รองลงมาคือไม่มีรายได้ ร้อยละ 24 และรายได้ 5,001-10,000 บาท ร้อยละ 22

ตารางที่ 58 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์จากฟลาวมันสำปะหลังไซยาไนด์ต่ำด้วยวิธี Central Location Test (CLT)

(n = 200)

	ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ร้อยละ
เพศ		
	ชาย	31
	หญิง	69
อายุ		
	ต่ำกว่า 15 ปี	5
	15-25 ปี	33
	26-35 ปี	21
	36-45 ปี	18
	มากกว่า 46 ปี	23
การศึกษา		
	ไม่ได้ศึกษา	1
	ประถมศึกษา	3
	มัธยมศึกษา-อนุปริญญา	16
	ปริญญาตรี	62
	สูงกว่าปริญญาตรี	18
อาชีพ		
	พนักงานบริษัทเอกชน	6
	แม่บ้าน	12
	ธุรกิจส่วนตัว/เจ้าของกิจการ	15
	ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	22
	นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา	40
	อื่นๆ	5

ตารางที่ 58 (ต่อ)

(n = 200)

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ร้อยละ
รายได้ต่อเดือน	
ไม่มีรายได้	24
น้อยกว่า 5,000 บาท	12
5,001-10,000 บาท	22
10,001-15,000 บาท	10
มากกว่า 15,000 บาท	28

ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์จากฟลาวมันสำปะหลัง ความรู้สึกของผู้บริโภคที่มีต่อคุณลักษณะ ด้านสี ลักษณะปรากฏ ความกรอบ และความชอบรวม ของขนมทองม้วนที่ผลิตจากฟลาวมันสำปะหลังโดยกลุ่มยุวเกษตรกรคลองปลายบัว จังหวัดปทุมธานี ได้ผลดังตารางที่ 59 พบว่า คุณลักษณะด้านสี ผู้บริโภคส่วนใหญ่ ร้อยละ 42.9 ให้ความรู้สึกชอบ รองลงมาคือ ร้อยละ 33.7 ให้ความรู้สึกชอบมาก คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ ผู้บริโภคส่วนใหญ่ ร้อยละ 39.5 ให้ความรู้สึกชอบมาก รองลงมา คือ ร้อยละ 35.1 ให้ความรู้สึกชอบ คุณลักษณะด้านความกรอบ ผู้บริโภคส่วนใหญ่ ร้อยละ 47.8 ให้ความรู้สึกชอบมาก รองลงมา คือ ร้อยละ 29.8 ให้ความรู้สึกชอบมากที่สุด และคุณลักษณะด้านความชอบรวม ผู้บริโภคส่วนใหญ่ ร้อยละ 48.8 ให้ความรู้สึกชอบมาก รองลงมา คือ ร้อยละ 32.2 ให้ความรู้สึกชอบ และพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสี ลักษณะปรากฏ ความกรอบ และความชอบรวม มีค่าเท่ากับ 5.5, 5.5, 6.0 และ 5.7 ตามลำดับ

ส่วนข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความรู้สึกของผู้บริโภคที่มีต่อคุณลักษณะ ด้านสี ลักษณะปรากฏ ความกรอบ และความชอบรวม ของข้าวเกรียบที่ผลิตจากฟลาวมันสำปะหลังโดยกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรคลองสิบสามพัฒนา จังหวัดปทุมธานี ได้ผลดังตารางที่ 60 พบว่า คุณลักษณะด้านสี ผู้บริโภคส่วนใหญ่ ร้อยละ 41.0 ให้ความรู้สึกชอบมาก รองลงมา คือ ร้อยละ 28.3 ให้ความรู้สึกชอบ คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ ผู้บริโภคส่วนใหญ่ ร้อยละ 35.1ให้ความรู้สึกชอบมาก รองลงมา คือ ร้อยละ 34.1 ให้ความรู้สึกชอบ คุณลักษณะด้านความกรอบ ผู้บริโภคส่วนใหญ่ ร้อยละ 44.9 ให้ความรู้สึกชอบมาก รองลงมา คือ ร้อยละ 26.8 ให้ความรู้สึกชอบมากที่สุด และคุณลักษณะด้านความชอบรวม ผู้บริโภคส่วนใหญ่ ร้อยละ 42.4 ให้ความรู้สึกชอบมาก รองลงมา คือ ร้อยละ 28.8

ให้ความรู้สึกชอบ และพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสี ลักษณะปรากฏ ความกรอบ และความชอบรวม มีค่าเท่ากับ 5.6, 5.4, 5.8 และ 5.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 59 ร้อยละของคะแนนความชอบขนมทองม้วนจากฟลาวมันสำปะหลังของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี CLT

(n = 200)

คุณลักษณะ	ร้อยละของคะแนนความชอบทองม้วน							ความชอบเฉลี่ย
	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบ	เฉย ๆ	ชอบ	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด	
สี	0.0	0.0	2.0	7.8	42.9	33.7	13.7	5.5
ลักษณะปรากฏของทองม้วน	0.0	1.0	3.4	8.3	35.1	39.5	12.7	5.5
ความกรอบ	0.0	0.5	0.5	1.5	20.0	47.8	29.8	6.0
ความชอบรวม	0.0	0.5	0.5	2.9	32.2	48.8	15.1	5.7

หมายเหตุ ความชอบเฉลี่ยคำนวณจากคะแนนความชอบทั้งหมดของแต่ละคุณลักษณะ

ตารางที่ 60 ร้อยละของคะแนนความชอบข้าวเกรียบจากฟลาวมันสำปะหลังของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี CLT

(n = 200)

คุณลักษณะ	ร้อยละความถี่ของคะแนนความชอบข้าวเกรียบ							ความชอบเฉลี่ย
	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบ	เฉย ๆ	ชอบ	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด	
สี	0.0	0.0	2.9	10.7	28.3	41.0	17.1	5.6
ลักษณะปรากฏของข้าวเกรียบ	0.0	0.0	3.9	13.2	34.1	35.1	13.7	5.4
ความกรอบ	0.5	0.5	4.4	2.9	20.0	44.9	26.8	5.8
ความชอบรวม	1.0	1.0	2.0	7.3	28.8	42.4	17.6	5.6

หมายเหตุ ความชอบเฉลี่ยคำนวณจากคะแนนความชอบทั้งหมดของแต่ละคุณลักษณะ

ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมทองม้วนและข้าวเกรียบจากฟลาวมันสำปะหลัง พบว่า ผู้บริโภคยอมรับในผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 97.1 และ 91.7 ตามลำดับ ส่วนผู้บริโภคที่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์จากฟลาวมันสำปะหลังทั้งสองชนิด ส่วนใหญ่ให้เหตุผลไม่ยอมรับเนื่องจากเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แข็งไป

8. <u>ร่างมาตรฐานฟลาวมันสำปะหลัง</u>

(ร่าง)

มาตรฐานฟลาวมันสำปะหลังสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ฟลาวมันสำปะหลังไม่มีการกำหนดมาตรฐานที่ชัดเจน เนื่องจากประเทศไทยเป็นผู้ปลูกมันสำปะหลังและผลิตแป้งมันสำปะหลังรายใหญ่ของโลก และคาดว่าในอนาคตฟลาวมันสำปะหลังจะมีบทบาทในอุตสาหกรรมอาหารมากขึ้น ดังนั้นประเทศไทยจึงควรมีมาตรฐานฟลาวมันสำปะหลังที่มีมาตรฐาน เพื่อที่จะได้แข่งขันกับแป้งชนิดอื่นๆ ทางการค้าได้

ฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตจากมันสำปะหลังชนิดขมยังไม่มีการผลิตออกจำหน่ายในระดับอุตสาหกรรม จากการรวบรวมข้อมูลและจากงานศึกษาวิจัยพบว่าฟลาวมันสำปะหลังสามารถทดแทนแป้งสาลีได้ในช่วงร้อยละ 10 ถึง 100 นอกจากนี้ฟลาวมันสำปะหลังยังสามารถใช้ทดแทนแป้งชนิดอื่นๆ บางส่วนได้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น

ร่างมาตรฐานฟลาวมันสำปะหลังสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร กำหนดคุณภาพจากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ได้จากงานวิจัยในดุษฎีนิพนธ์ รวบรวมเปรียบเทียบกับ Codex Standard for Edible Cassava Flour (CODEX STAN 176) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งทางการค้าชนิดอื่นๆ และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของแป้งชนิดต่างๆ เป็นแนวทาง