ภาคผนวก ง

การปรับปรุงคุณภาพด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลัง โดยการทำฟลาวผสม (Composite Blend)

การปรับปรุงคุณภาพด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลัง

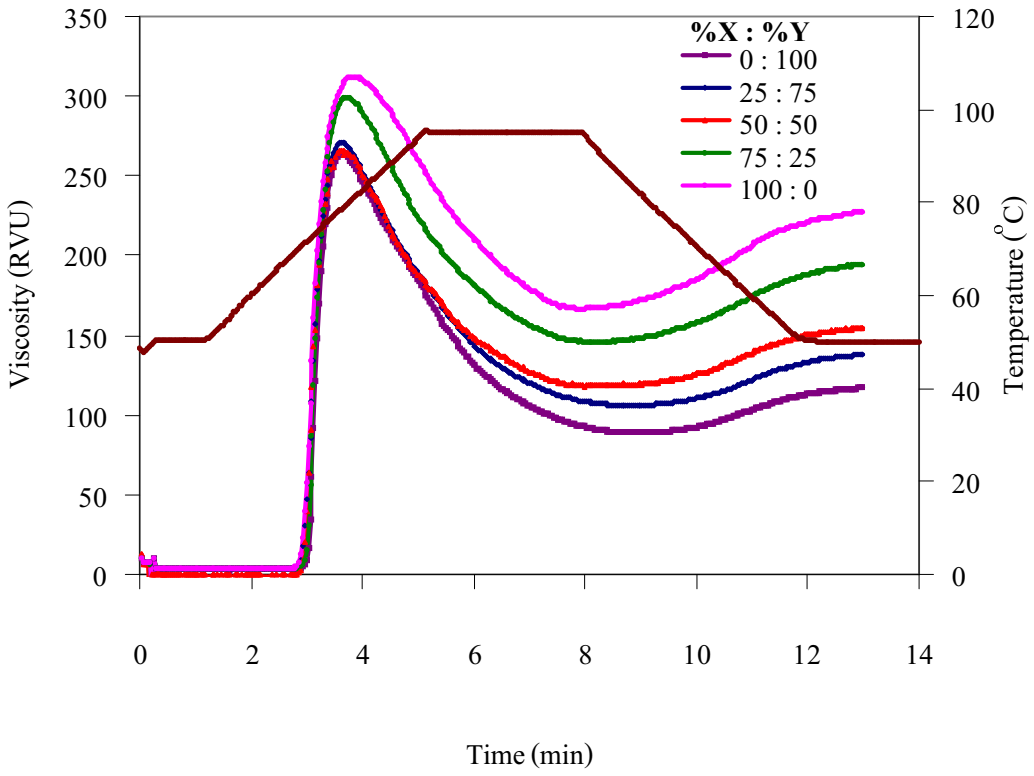
1. การปรับปรุงคุณภาพด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังโดยการทำฟลาวผสม (Composite blend) ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

จากผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของฟลาวมันสำปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ พบว่าฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตได้จะมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุการเก็บเกี่ยว ส่งผลให้คุณภาพของฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตได้มีคุณภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งในการที่จะนำฟลาวมันสำปะหลังไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารนั้นจำเป็นต้องมีการควบคุมให้ได้คุณภาพตามที่กำหนด เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีคุณภาพที่คงที่ แนวทางหนึ่งที่ใช้ในการตรวจติดตามคุณภาพของฟลาวหรือแป้งในอุตสาหกรรมนิยมใช้การตรวจติดตามทางด้านความหนืดโดยการใช้เครื่อง Rapid visco analyser (RVA) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของฟลาวหรือแป้งก่อนการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์หรือก่อนการส่งออกจำหน่าย เมื่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตรงตามต้องการ วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการแก้ไขเพื่อให้ได้คุณภาพที่ค่อนข้างคงที่ คือ การทำฟลาวผสม (Composite blend) เพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ได้ตามที่ต้องการ

การศึกษาการทำฟลาวผสมโดยการนำฟลาวมันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติด้านความหนืดสูงมาทำการปรับคุณภาพฟลาวมันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติด้านความหนืดต่ำ เพื่อให้ได้ฟลาวมันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติทางด้านความหนืดสูงขึ้น ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองใช้การผสมที่อัตราส่วนต่างๆ ดังตารางผนวกที่ ง1 ผลการวิเคราะห์ความหนืดของฟลาวผสมที่ได้แสดงดังภาพผนวกที่ ง1

ตารางผนวกที่ ง1 อัตราส่วนของฟลาวผสมระหว่างฟลาวมันสำปะหลังที่มีความหนืดต่ำ (X) กับฟลาวมันสำปะหลังที่มีความหนืดสูง (Y)

สัดส่วนของฟลาวมันสำปะหลังที่มีความหนืดต่ำ (X) (%)	100	75	50	25	0
สัดส่วนของฟลาวมันสำปะหลังที่มีความหนืดสูง (Y) (%)	0	25	50	75	100



ภาพผนวกที่ ง1 คุณสมบัติทางด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังผสมที่อัตราส่วนระหว่างฟลาวมันสำปะหลังที่มีความหนืดต่ำ (X) กับฟลาวมันสำปะหลังที่มีความหนืดสูง (Y) ที่ระดับต่างๆ เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA

เมื่อทำการปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังที่มีความหนืดต่ำด้วย ฟลาวมันสำปะหลังที่มีความหนืดสูงขึ้น พบว่าเมื่อใช้ปริมาณฟลาวมันสำปะหลังชนิดที่มีความหนืดสูงในปริมาณที่มากขึ้น สามารถทำการปรับปรุงคุณสมบัติด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังผสมให้สูงขึ้นได้ ซึ่งชี้ให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการที่จะทำการควบคุมคุณภาพของฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตได้ให้มีคุณภาพตามต้องการได้ ทั้งนี้ต้องทำการตรวจคุณสมบัติทางด้านความหนืดของฟลาวที่ผลิตได้ทุกครั้ง และทำการปรับปรุงโดยการใช้คุณภาพของฟลาวที่แตกต่างกันมาปรับปรุงคุณภาพให้ได้ตามที่ต้องการได้ และต้องมีการศึกษาวิจัยต่อไปว่าคุณสมบัติทางด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังแบบใดเหมาะกับผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใด เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละประเภทมีลักษณะที่แตกต่างกัน ความต้องการทางด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังที่จะนำไปใช้ก็จะแตกต่างกันด้วย

2. <u>การปรับปรุงคุณภาพด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังโดยการทำฟลาวผสม (Composite blend) ให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ</u>

จากการขยายกำลังการผลิตฟลาวมันสำปะหลังในระดับโรงงานต้นแบบที่กำลังการผลิตประมาณ 300 กิโลกรัมหัวมันสำปะหลังสดต่อวัน พบว่าในบางชุดของการผลิตนั้น ฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตได้จากมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 จะมีคุณสมบัติทางด้านความหนืดเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA ที่ไม่คงที่ โดยในบางชุดของการผลิตมีคุณสมบัติด้านความหนืดที่ต่ำ จึงทำการคัดเลือกฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ชุดที่ 2 (KU50 ชุด 2) อายุ 10.5 เดือน จากจังหวัดชลบุรี ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังชุดนี้พบว่ามีค่าต่ำกว่าฟลาวมันสำปะหลังชุดอื่นๆ มาทำการผสม (Composite blend) กับฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตได้จากมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 (R5) อายุ 10.5 เดือน, ห้วยบง 60 (HB60) อายุ 10.5 เดือน จากจังหวัดฉะเชิงเทรา และระยอง 90 (R90) อายุ 10.5 เดือน จากจังหวัดชลบุรี โดย ฟลาวมันสำปะหลังที่ได้จากพันธุ์ระยอง 5 (R5), ห้วยบง 60 (HB60) และระยอง 90 (R90) มีคุณสมบัติทางด้านความหนืดที่ค่อนข้างสูง เพื่อทำการผลิตฟลาวมันสำปะหลังที่คุณภาพทางด้านความหนืดใกล้เคียงกับฟลาวมันสำปะหลังที่ได้จากมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ชุดที่ 4 (KU50 ชุด 4) ที่เก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือน จากจังหวัดชัยภูมิ โดยฟลาวมันสำปะหลังแต่ละชุดมีคุณสมบัติทางด้านความหนืดแสดงดังตารางผนวกที่ ง2

ตารางผนวกที่ ง2 คุณสมบัติด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังที่ใช้ในการปรับคุณสมบัติทางด้านความหนืด

ตัวอย่างฟลาวมันสำปะหลัง	Peak viscosity (RVU)	Trough (RVU)	Breakdown (RVU)	Final viscosity (RVU)	Setback (RVU)	Peak time (min)	Peak temperature (^{o}C) ^{ns}
KU50 ชุด 2	284.0±1.1 ^{c}	72.4±0.8 ^{e}	211.6±0.2 ^{a}	97.2±3.1 ^{e}	24.8±2.3 ^{b}	3.91±0.00 ^{c}	76.00±0.21
KU50 ชุด 4	289.0±6.5 ^{c}	115.9±4.2 ^{d}	173.0±10.8 ^{b}	155.0±8.2 ^{d}	39.0±12.4 ^{b}	4.38±0.02 ^{b}	74.10±0.28
R5	314.4±1.4 ^{b}	170.0±0.5 ^{c}	144.4±0.9 ^{cd}	241.2±4.5 ^{c}	71.2±4.0 ^{a}	4.53±0.14 ^{ab}	73.40±0.28
HB60	337.5±4.9 ^{a}	190.7±0.2 ^{b}	146.9±5.1 ^{c}	265.4±2.5 ^{b}	74.7±2.8 ^{a}	4.92±0.14 ^{a}	69.63±5.48
R90	334.0±1.3 ^{a}	201.8±3.2 ^{a}	132.3±1.9 ^{d}	281.6±1.4 ^{a}	79.8±1.8 ^{a}	4.61±0.30 ^{ab}	72.95±0.35

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

จากตารางผนวกที่ ง2 เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังทั้งหมด พบว่ามีคุณสมบัติทางด้านความหนืดแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในการทำฟลาวผสม (composite blend) จะใช้ฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ชุดที่ 4 (KU50 ชุด 4) เป็นตัวมาตรฐานเทียบ คือเป็นตัวเปรียบเทียบที่ต้องการปรับปรุงฟลาวมันสำปะหลังชุดอื่นๆให้มีคุณสมบัติด้านความหนืดเทียบเท่าชุดนี้ ทำการปรับปรุงคุณภาพของฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ชุดที่ 2 (KU50 ชุด 2) ซึ่งมีคุณสมบัติทางด้านความหนืดต่ำ โดยทำการทำฟลาวผสม (composite blend) กับฟลาวมันสำปะหลังจากมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 (R5), ห้วยบง 60 (HB60) และระยอง 90 (R90) โดยทำการคำนวณปรับอัตราส่วนของส่วนผสม A และ B (A คือ ฟลาวมันสำปะหลังชุดที่ต้องการปรับ, B คือ ฟลาวมันสำปะหลังชุดที่ใช้ปรับ) ที่อัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้ได้คุณสมบัติใกล้เคียงกับฟลาวมันสำปะหลัง KU 50 ชุด 4 (ชุดมาตรฐานเทียบ) โดยในการคำนวณจะพิจารณาจากค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดต่ำสุด และความหนืดสุดท้ายของฟลาวมันสำปะหลังแต่ละชนิดเป็นเกณฑ์ โดยการคำนวณค่าความหนืด (Y) แสดงดังตารางผนวกที่ ง3

ตารางผนวกที่ ง3 การเปรียบเทียบค่าความหนืดที่ได้จากการคำนวณและค่าความหนืดที่วัดได้จริงในการทำฟลาวผสม (Composite blend)

ฟลาวผสมชุดที่	ฟลาวมันสำปะหลัง		ค่าความหนืด	X_1 (RVU)	X_2 (RVU)	A (%)	B (%)	Y จากการคำนวณ (RVU)	Y ที่ต้องการ (RVU)
	ชุดที่ต้องการปรับ	ชุดที่ใช้ปรับ							
1	KU ชุดที่ 2	R5	Peak	284.0	314.4	60	40	296.2	289.0
			Trough	72.4	170.0	60	40	111.4	115.9
			Final	97.2	241.2	60	40	154.8	155.0
2	KU ชุดที่ 2	HB60	Peak	284.0	337.5	62	38	304.3	289.0
			Trough	72.4	190.7	62	38	117.4	115.9
			Final	97.2	265.4	62	38	161.1	155.0
3	KU ชุดที่ 2	R90	Peak	284.0	334.0	62	38	303.0	289.0
			Trough	72.4	201.8	62	38	121.6	115.9
			Final	97.2	281.6	62	38	167.3	155.0

หมายเหตุ

$$Y = \frac{(X_1 * A) + (X_2 * B)}{100}$$

โดยที่ Y คือ ค่าความหนืด

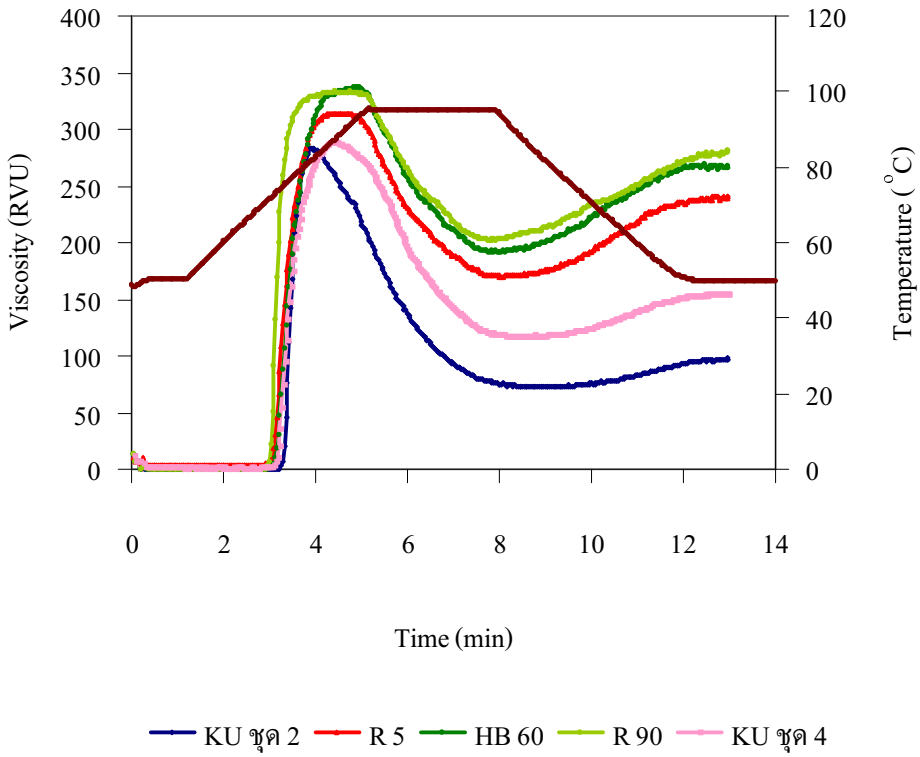
X_1 คือ ค่าความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังชุดที่ต้องการปรับ

X_2 คือ ค่าความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังชุดที่ใช้ปรับ

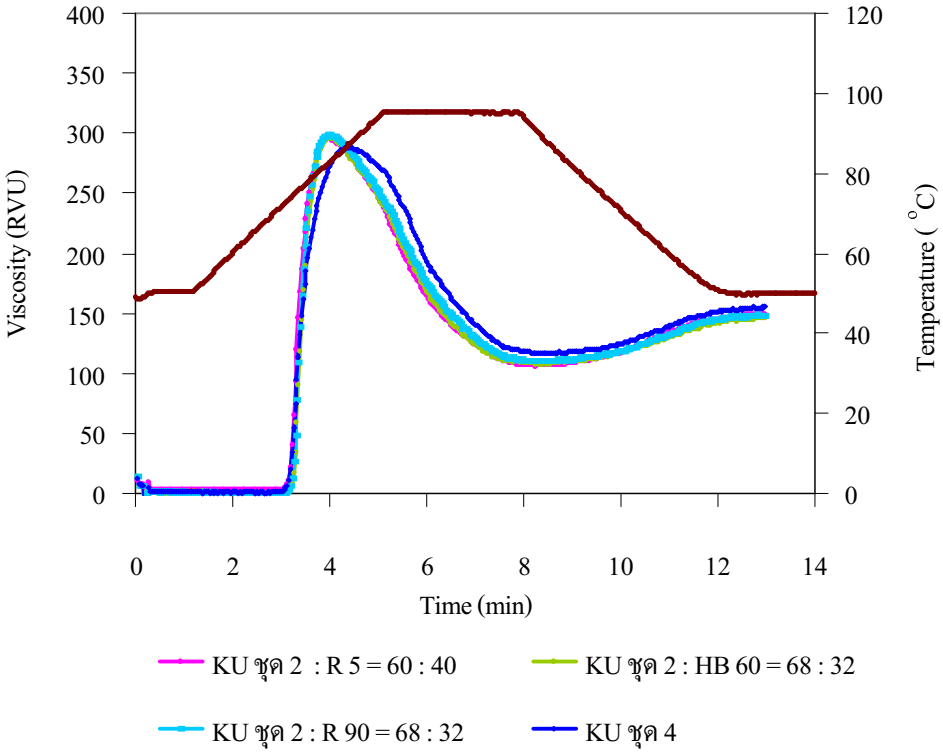
A คือ ร้อยละส่วนผสมของฟลาวมันสำปะหลังชุดที่ต้องการปรับ

B คือ ร้อยละส่วนผสมของฟลาวมันสำปะหลังชุดที่ใช้ปรับ (B = 100-A)

ในการคำนวณจะทำการเลือกค่า A และ B (โดยที่ B = 100-A) แทนค่าลงในสูตรการคำนวณและทำการคัดเลือกค่า Y (ค่าความหนืด) ที่ได้จากการคำนวณ ที่ให้ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ค่าความหนืดต่ำสุด (trough) และค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ที่ใกล้เคียงกับค่าความหนืดที่ต้องการ (ค่าความหนืดของตัวมาตรฐานเทียบ) มากที่สุด เมื่อทำการคำนวณการปรับค่าความหนืดโดยการใช้ฟลาวผสมที่อัตราส่วนต่างๆ แล้ว ทำการผสมฟลาวมันสำปะหลังแต่ละชนิดที่อัตราส่วนดังกล่าว และนำฟลาวมันสำปะหลังผสมที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติทางด้านความหนืดด้วยเครื่อง RVA ผลการทดสอบแสดงภาพผนวกที่ ง2 และ ง3



ภาพผนวกที่ ง2 คุณสมบัติทางด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังก่อนทำการผสม (Composite blend)



ภาพผนวกที่ ง3 คุณสมบัติทางด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังหลังทำการผสม (Composite blend)

จากการทดลองทำการผสมฟลาวมันสำปะหลังจากฟลาวมันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติทางด้านความหนืดแตกต่างกัน เพื่อให้ได้คุณภาพเทียบเท่าตัวมาตรฐานเทียบที่ต้องการ คือ ฟลาวจากมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ชุดที่ 4 (KU50 ชุด 4) ผลการทดลองพบว่าการทำฟลาวผสมโดยทำการคำนวณจากการปรับอัตราส่วนของฟลาวผสม สามารถทำการผสมฟลาวมันสำปะหลังและได้ฟลาวมันสำปะหลังที่มี คุณสมบัติทางด้านความหนืดตามที่ต้องการได้ โดยคุณสมบัติด้านความหนืดของฟลาวผสมที่ผลิตได้เมื่อวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ พบว่ามีคุณสมบัติไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้น ค่า Pasting Temperature (อุณหภูมิที่เม็ดแป้งเริ่มการพองตัว หรือเรียกว่าอุณหภูมิเริ่มต้นที่ทำให้เกิดเจลาติไนซ์) จะมีค่าแตกต่างกัน โดยค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างแสดงดังตารางผนวกที่ ง4

ตารางผนวกที่ ง4 คุณสมบัติด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังผสมที่ทำการปรับให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับฟลาวมันสำปะหลังชุดเปรียบเทียบ

ฟลาวมันสำปะหลัง	Peak viscosity (RVU) ^{ns}	Trough (RVU) ^{ns}	Breakdown (RVU) ^{ns}	Final viscosity (RVU) ^{ns}	Setback (RVU) ^{ns}	Peak time (min)	Peak temperature (^{o}C) ^{ns}
KU50 ชุด 4	289.0 ± 6.5	115.9 ± 4.2	173.0 ± 10.8	155.0 ± 8.2	39.0 ± 12.4	4.38 ± 0.02 ^{a}	74.10 ± 0.28
ผสม ชุดที่ 1	295.6 ± 0.8	106.2 ± 4.5	189.5 ± 3.7	149.5 ± 4.3	43.3 ± 8.8	3.96 ± 0.02 ^{b}	74.53 ± 0.32
ผสม ชุดที่ 2	296.4 ± 2.7	106.8 ± 1.6	189.6 ± 4.3	147.0 ± 5.7	40.2 ± 7.4	3.98 ± 0.05 ^{b}	75.10 ± 0.49
ผสม ชุดที่ 3	298.8 ± 1.3	108.8 ± 1.2	190.0 ± 0.1	148.4 ± 3.3	39.6 ± 2.1	3.99 ± 0.02 ^{b}	75.05 ± 0.07

หมายเหตุ

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

ฟลาวมันสำปะหลังผสม ชุดที่ 1 คือ KU50 ชุด 2 : R5 = 60 : 40

ฟลาวมันสำปะหลังผสม ชุดที่ 2 คือ KU50 ชุด 2 : HB60 = 62 : 38

ฟลาวมันสำปะหลังผสม ชุดที่ 3 คือ KU50 ชุด 2 : R90 = 62 : 38

การปรับปรุงคุณสมบัติของฟลาวมันสำปะหลังให้ได้คุณภาพตามที่ต้องการจะสามารถนำไปใช้ในการควบคุมคุณภาพฟลาวมันสำปะหลังให้มีคุณภาพที่แน่นอนได้ แต่ทั้งนี้การที่คุณภาพมีลักษณะเช่นไรและเหมาะกับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทใดนั้น ต้องมีการศึกษาวิจัยถึงคุณสมบัติทางด้านความหนืดแบบต่างๆ ต่อผลิตภัณฑ์อาหารที่เหมาะสมต่อไปในอนาคต