

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	46
อุปกรณ์	46
วิธีการ	50
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	68
สรุปผลการทดลอง	187
ข้อเสนอแนะ	191
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	193
ภาคผนวก	207
ภาคผนวก ก แบบสอบถาม	208
ภาคผนวก ข วิธีการตรวจวิเคราะห์	218
ภาคผนวก ค รายชื่อผู้ทดสอบการใช้ฟลาวมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์อาหาร	250
ภาคผนวก ง การปรับปรุงคุณภาพด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังโดยการ ทำฟลาวผสม (Composite Blend)	256
ภาคผนวก จ การคำนวณต้นทุนการผลิตฟลาวมันสำปะหลัง	264
ภาคผนวก ฉ คุณสมบัติด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บรักษา เป็นเวลา 6 เดือนเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA	269
ภาคผนวก ช การทำนายอายุการเก็บรักษาฟลาวมันสำปะหลัง	273

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การเรียกชื่อมันสำปะหลังในภาษาต่างๆ	4
2	พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตมันสำปะหลังของประเทศไทย ปีการผลิต 2542/43– 2546/47	6
3	พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตหัวมันสดรวมตามภาค ปีการผลิต 2543/44 – 2545/46	7
4	ลักษณะประจำพันธุ์มันสำปะหลัง	13
5	ลักษณะเด่น ข้อจำกัด และประวัติย่อของพันธุ์มันสำปะหลัง	14
6	ชนิดของพันธุ์มันสำปะหลังที่ปลูกในพื้นที่เพาะปลูกในประเทศไทย ปี 2545/2546	16
7	ส่วนประกอบหลักในหัวมันสำปะหลัง	23
8	องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อมันสำปะหลัง	24
9	มาตรฐานแป้งมันสำปะหลัง	26
10	ผลของกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันต่อระดับปริมาณไซยาไนด์ ทั้งหมดที่มีได้ในเนื้อมันสำปะหลัง เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังที่ได้ มาตรฐานด้านปริมาณไซยาไนด์	35
11	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีการใช้ฟลาวมันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลี	36
12	มาตรฐานฟลาวมันสำปะหลังตาม Codex และในประเทศต่าง ๆ	43
13	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์จากการสำรวจผู้ใช้แป้งหรือฟลาวในผลิตภัณฑ์อาหาร	69
14	การสำรวจปริมาณการใช้แป้ง	71
15	ความคิดเห็นของผู้ใช้ฟลาวในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีต่อฟลาวมันสำปะหลัง ไซยาไนด์ต่ำ	73
16	ความสัมพันธ์ระหว่างเพศกับการรู้จักฟลาวมันสำปะหลัง	76
17	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับการรู้จักฟลาวมันสำปะหลัง	76
18	ความสัมพันธ์ระหว่างการศึกษากับการรู้จักฟลาวมันสำปะหลัง	77
19	ความสัมพันธ์ระหว่างการศึกษากับความคิดเห็นในการผลิตในระดับ อุตสาหกรรม	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	ส่วนประกอบของเปลือกและเนื้อในห้วมันสำปะหลังที่ปลูกก่อนและหลังฤดูฝน	79
21	ปริมาณไชยาไนต์ทั้งหมดในมันสำปะหลังที่ปลูกก่อนและหลังฤดูฝน	80
22	สัดส่วนของปริมาณไชยาไนต์ทั้งหมดในมันสำปะหลังที่ปลูกก่อนและหลังฤดูฝน	81
23	การแบ่งกลุ่มมันสำปะหลังตามระดับความเป็นพิษจากปริมาณไชยาไนต์ทั้งหมดที่มีอยู่ในเนื้อมันสำปะหลัง เมื่อคำนวณต่อน้ำหนักแห้ง	82
24	ผลจากการเตรียมตัวอย่างโดยวิธีการที่แตกต่างกันต่อร้อยละการลดลงของปริมาณไชยาไนต์ทั้งหมดภายหลังกการอบแห้ง	87
25	การเปลี่ยนแปลงความชื้น ประสิทธิภาพการแยกน้ำ และปริมาณไชยาไนต์ทั้งหมดที่เหลือ เมื่อคั่นน้ำออกจากเนื้อมันสำปะหลังชุดฝอยด้วยแรงคั่นระดับต่างๆ	91
26	ผลของประสิทธิภาพในการแยกน้ำต่อปริมาณไชยาไนต์ทั้งหมดที่เหลือและประสิทธิภาพในการลดไชยาไนต์	92
27	ชนิดและปริมาณของสารประกอบไชยาไนต์ในเนื้อมันสำปะหลังชุดฝอยหลังกการบ่ม	95
28	ชนิดและปริมาณของสารประกอบไชยาไนต์ในเนื้อมันสำปะหลังชุดฝอยหลังกการบ่มและคั่นน้ำออก	96
29	ชนิดและปริมาณของสารประกอบไชยาไนต์ในเนื้อมันสำปะหลังชุดฝอยหลังกการบ่มและอบแห้ง	97
30	ชนิดและปริมาณของสารประกอบไชยาไนต์ในเนื้อมันสำปะหลังชุดฝอยหลังกการบ่มการคั่นน้ำและอบแห้ง	98
31	การเปรียบเทียบการคำนวณระดับปริมาณไชยาไนต์สูงสุดที่มีได้ในเนื้อมันสำปะหลังเพื่อผลิตฟลาวมันที่มีปริมาณไชยาไนต์ต่ำกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้งของกระบวนการผลิตแบบต่างๆ	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
32	ปริมาณไขมันในผงฟลาวมันสำหรับที่ทำการอบแห้งที่ 50 °C เป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง	103
33	องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณไขมันในผงฟลาวมันสำหรับที่ทำการอบแห้งที่ 50 °C	105
34	องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณไขมันในผงฟลาวมันสำหรับที่ทำการอบแห้งที่ 50 °C	105
35	ปริมาณแป้งในผงฟลาวมันสำหรับที่ทำการอบแห้งที่ 50 °C	106
36	ปริมาณเส้นใยอาหาร เส้นใยละลาย และเส้นใยหยาบในผงฟลาวมันสำหรับที่ทำการอบแห้งที่ 50 °C	109
37	ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้จากการนำแบบจำลองของ Guggenheim Anderson DeBoer (GAB) model มาทำนายข้อมูล Moisture sorption isotherm ของผงฟลาวมันสำหรับที่ทำการอบแห้งที่ 50 °C ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	113
38	ค่าการดูดซับน้ำของผงฟลาวมันสำหรับที่ทำการอบแห้งที่ 50 °C ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	114
39	การเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA ของตัวอย่างผงฟลาวและแป้งมันสำหรับที่ทำการอบแห้งที่ 50 °C ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	118
40	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณแป้งและปริมาณเส้นใยอาหาร ต่อคุณสมบัติด้านความหนืดของผงฟลาวมันสำหรับที่ทำการอบแห้งที่ 50 °C เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid visco analyser (RVA)	119
41	ค่าสมบัติเนื้อสัมผัสของเจลฟลาวมันสำหรับที่ทำการอบแห้งที่ 50 °C ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	121
42	ค่าสมบัติเนื้อสัมผัสของเจลแป้งมันสำหรับที่ทำการอบแห้งที่ 50 °C ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	122
43	ค่า Young's modulus และ ค่า Degree of elasticity ของเจลฟลาวมันสำหรับที่ทำการอบแห้งที่ 50 °C ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	122
44	ค่า Young's modulus และ ค่า Degree of elasticity ของเจลแป้งมันสำหรับที่ทำการอบแห้งที่ 50 °C ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	122
45	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณเส้นใยหยาบต่อค่าความแข็งของเจล (hardness) และค่าความเหนียวเป็นกาว (gumminess) ของผงฟลาวมันสำหรับที่ทำการอบแห้งที่ 50 °C ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	124

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
46	องค์ประกอบทางเคมีในฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ขยายกำลังการผลิต	127
47	คุณภาพทางจุลินทรีย์ในฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ขยายกำลังการผลิต	128
48	คุณสมบัติด้านความหนืดเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA ของตัวอย่างฟลาวมันสำปะหลังที่ขยายกำลังการผลิต	129
49	คุณสมบัติด้านความขาว และค่า a_w ของตัวอย่างฟลาวมันสำปะหลังที่ขยายกำลังการผลิต	130
50	ผลผลิตฟลาวมันสำปะหลังจากการขยายกำลังการผลิต	131
51	ผลสรุปคุณภาพฟลาวมันสำปะหลังที่ผลิตในระดับโรงงานต้นแบบ	132
52	ต้นทุนคงที่ของการผลิตฟลาวมันสำปะหลัง	133
53	ต้นทุนผันแปรของการผลิตฟลาวมันสำปะหลัง	133
54	การทดสอบการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นแปลกปลอมโดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบความแตกต่างแบบเปรียบเทียบกับตัวควบคุม (Difference from Control Test)	140
55	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ในฟลาวมันสำปะหลังที่เก็บรักษาในอุณหภูมิและระยะเวลาต่างกัน	141
56	การทดสอบการยอมรับของผู้ใช้ฟลาวมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์อาหาร	147
57	ผลการนำฟลาวมันสำปะหลังไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด	149
58	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์จากฟลาวมันสำปะหลังไซยาไนด์ด้วยวิธี Central Location Test (CLT)	155
59	ร้อยละของคะแนนความชอบขนมทองม้วนจากฟลาวมันสำปะหลังของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี CLT	157
60	ร้อยละของคะแนนความชอบข้าวเกรียบจากฟลาวมันสำปะหลังของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี CLT	157

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
61	คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพที่ต้องการสำหรับฟลาวมันสำปะหลัง	160
62	เกณฑ์กำหนดของจุลินทรีย์	161
63	แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบสีและกลิ่น การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก	163
64	รายละเอียดของผลิตภัณฑ์	167
65	รายละเอียดขั้นตอนการผลิต	171
66	การวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม	173
67	แผนปฏิบัติงาน HACCP (HACCP Plan)	183
68	การทวนสอบ	186
ตารางผนวกที่		
ง1	อัตราส่วนของฟลาวผสมระหว่างฟลาวมันสำปะหลังที่มีความหนืดต่ำ (X) กับฟลาวมันสำปะหลังที่มีความหนืดสูง (Y)	257
ง2	คุณสมบัติด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังที่ใช้ในการปรับคุณสมบัติทางด้านความหนืด	260
ง3	การเปรียบเทียบค่าความหนืดที่ได้จากการคำนวณและค่าความหนืดที่วัดได้จริงในการทำฟลาวผสม (Composite blend)	261
ง4	คุณสมบัติด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังผสมที่ทำการปรับให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับฟลาวมันสำปะหลังชุดเปรียบเทียบ	263
ฉ1	การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังที่ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA	270

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเคลื่อนย้ายสารไซยาโนจินิกกลูโคไซด์ในมันสำปะหลัง	18
2	สูตรโครงสร้างของลินามาริน (Linamarin) และโลตาสตราลิน (Lotaustralin)	18
3	การสังเคราะห์และการสลายของสารลินามาริน	19
4	การย่อยสลายของ Linamarin	19
5	กรรมวิธีการผลิตฟลาวมันสำปะหลัง	29
6	ลักษณะกราฟทั่วไปของไอโซเทอร์มการดูดซับความชื้นของอาหาร	39
7	การเตรียมฟลาวมันสำปะหลัง	53
8	ขั้นตอนการศึกษาเวลาในการบ่มต่อการลดปริมาณไซยาไนด์ในฟลาวมัน สำปะหลัง	55
9	ขั้นตอนการสกัดแป้งจากหัวมันสำปะหลัง	57
10	สัดส่วนของปริมาณไซยาไนด์ในเนื้อมันสำปะหลัง	84
11	ปริมาณไซยาไนด์ในเนื้อมันสำปะหลังพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกที่ปลูกก่อน และหลังฤดูฝน	84
12	ปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดโดยน้ำหนักแห้ง เมื่อทำการเตรียมเนื้อมัน สำปะหลังด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ภายหลังการอบแห้ง	86
13	ผลของแรงกดในการคั้นน้ำต่อการลดปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดในตัวอย่าง ฟลาวมันสำปะหลังก่อนและหลังอบแห้ง	89
14	ผลของแรงกดในการคั้นน้ำที่มีผลต่อค่าความขาวของฟลาวมันสำปะหลังหลัง การอบแห้ง	89
15	ลักษณะของฟลาวมันสำปะหลังหลังการอบแห้ง	90
16	ขั้นตอนการผลิตฟลาวมันสำปะหลังไซยาไนด์ต่ำ	100
17	การเปลี่ยนแปลงความชื้นและค่า a_w เมื่ออบแห้งฟลาวมันสำปะหลังที่ อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง	102
18	กระบวนการผลิตฟลาวมันสำปะหลังที่ใช้เวลาในการอบแห้ง 24 ชั่วโมง	104

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
19	ปริมาณน้ำฝนรายเดือน ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ส่าปะหลัง ต. ห้วยบง อ. ด่านขุนทด จ. นครราชสีมา ในช่วงตั้งแต่ 4 เมษายน 2545 ถึง 31 มีนาคม 2546	106
20	การกระจายตัวของเม็ดแป้งในหัวมันที่อายุการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ	110
21	ลักษณะของเม็ดแป้งที่อายุการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ เมื่อส่องด้วยกล้อง จุลทรรศน์อิเล็กตรอน (กำลังขยาย 3,000 เท่า)	111
22	ลักษณะของเม็ดแป้งและเส้นใยในฟลาวมันส่าปะหลังที่อายุการเก็บเกี่ยว ต่าง ๆ เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 300 เท่า)	112
23	Moisture Sorption Isotherm ของฟลาวมันส่าปะหลังที่มีอายุการเก็บเกี่ยว ต่าง ๆ	113
24	คุณสมบัติด้านความหนืดเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA ของฟลาวและแป้งมัน ส่าปะหลัง ที่อายุการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ	115
25	ขั้นตอนการผลิตฟลาวมันส่าปะหลัง ไซยาไนด์ดำที่ขยายกำลังการผลิตใน ระดับ Pilot scale (หัวมันสด 80-300 กิโลกรัม)	126
26	ผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บต่อค่า L^* , a^* , b^* , ΔE และ Whiteness ของฟลาวมันส่าปะหลัง	135
27	คุณสมบัติด้านความหนืดเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA ของฟลาวมัน ส่าปะหลังที่ทำการเก็บเป็นเวลา 6 เดือน	137
28	ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ในฟลาวมัน ส่าปะหลังที่ทำการเก็บที่อุณหภูมิต่างๆ	139
29	การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดสูงสุดของฟลาวมันส่าปะหลังที่ทำการเก็บ รักษาที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 6 เดือน	142
30	การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดต่ำสุดของฟลาวมันส่าปะหลังที่ทำการเก็บ รักษาที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 6 เดือน	143
31	การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดสุดท้ายของฟลาวมันส่าปะหลังที่ทำการเก็บ รักษาที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 6 เดือน	144

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
32	การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังที่เสื่อมเสียกับตัวอย่างเริ่มต้น	145
33	เม็ดแป้งและเส้นใยมันสำปะหลัง (กำลังขยาย 750 เท่า)	165
34	แผนภูมิกระบวนการผลิตฟลาวมันสำปะหลัง	169
35	แบบแปลนโรงงานผลิตฟลาวมันสำปะหลัง ขนาดพื้นที่ 1,300 ตารางเมตร	170
36	แผนภูมิกระบวนการผลิตฟลาวมันสำปะหลังที่กำหนดจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม	180
ภาพผนวกที่		
ง1	คุณสมบัติทางด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังผสมที่อัตราส่วนระหว่างฟลาวมันสำปะหลังที่มีความหนืดต่ำ (X) กับฟลาวมันสำปะหลังที่มีความหนืดสูง (Y) ที่ระดับต่างๆ เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA	258
ง2	คุณสมบัติทางด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังก่อนทำการผสม (Composite blend)	262
ง3	คุณสมบัติทางด้านความหนืดของฟลาวมันสำปะหลังหลังทำการผสม (Composite blend)	262