บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ อุปกรณ์ และสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

1) เนื้อหัวไหล่หมู จาก บริษัท แม่ทา พี.ดี. จำกัด, ประเทศไทย
2) มันแข็งหมู จาก บริษัท แม่ทา พี.ดี. จำกัด, ประเทศไทย
3) น้ำแข็ง จาก บริษัท เวียงพิงค์ไอซ์ จำกัด, ประเทศไทย
4) เครื่องเทศ ได้แก่ พริกไทยป่น พริกปาปริกาป่น มาโจแรมป่น ไทม์ป่น ลูกจันทน์ป่น ดอกจันทน์ป่น กานพลูป่น เมล็ดผักชีป่น จาก บริษัท ยูไนเต็ด โพรเกรส(ประเทศไทย) จำกัด, ประเทศไทย
5) โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต (soy protein isolated) จาก บริษัท บี.โอ.ที. จำกัด ประเทศไทย
6) กลิ่นควันผง (smoking powder) จาก บริษัท บี.โอ.ที. จำกัด, ประเทศไทย
7) โซเดียมอีริโธรเบท (sodium erythrobate) จาก Zhengzhou tuoyang industrial Co., Ltd., China
8) เกลือโซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride) จาก บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด, ประเทศไทย
9) โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (sodium tri polyphosphates) จาก บริษัท อดิตยา เบอร์ล่า เคมีคัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด, ประเทศไทย
10) โซเดียมไนไตรท (sodium nitrite) จาก บริษัท ไมท์ตี้ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด, ประเทศไทย
11) เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ (potassium chloride) จาก Stan Chem international limited, England
12) แอล-อาร์จินีน (L-arginine) จาก BioKyowa, Inc., Missouri

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

13) ไกลซีน (glycine) จาก บริษัท ฟู้ดส์ฟิลด์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด, ประเทศไทย

14) ไส้คอลลาเจน (collagen casing) เบอร์ 21 ผลิตโดย NIPPI, Japan

3.1.2 อุปกรณ์

1) ห้องเย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2) เครื่องสับผสม (Meissner Gmbh. & CO. KG., RS. 20, Germany)

3) เครื่องอัดไส้กรอก (Stuffer)

4) ตู้อบลมร้อน (Navaloy co., LTD., 464 CHMU,Thailand)

5) ชุดเครื่องแก้ว

6) เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA.XT2 Texture analyzer, Stable Micro System, UK)

7) เครื่องวัดสี (Chroma meter model CR-400, Konica Minolta, Japan)

8) เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ(a_w) Aqualab LITE (DECAGON, USA)

9) เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) (OAKTON, China)

3.1.3 สารเคมี

1) น้ำตาลทรายขาว (sucrose) ตรามิตรผล ผลิตโดย บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด

2) เกลือโซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride) จาก บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด, ประเทศไทย

3) กรดซิตริค (citric acid) จาก บริษัท ยูเนี่ยน ซายน์ จำกัด, ประเทศไทย

4) คาเฟอีน (caffeine) จาก Sigma-aldrich, Inc., Germany

5) เปปโตน (peptone) จาก Difco Laboratories, USA

6) อาหารแข็งเพลตเคานต์ (plate count agar, PCA) จาก Merck, Germany

7) อาหารแข็งโพเตโต เดกซโตรส (potato dextrose agar, PDA) จาก Merck, Germany

8) อาหารเหลวลอริล ซัลเฟต ทริปโทรส บรอท (lauryl sulfate tryptose Broth, LST) จาก Merck, Germany

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

3.2.1 ส่วนผสมพื้นฐานและกรรมวิธีในการผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

ส่วนผสม และ กรรมวิธีในการผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่ใช้ในการทดลองปรับปรุงมาจากการผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ของกรมปศุสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2546) ซึ่งมีส่วนผสมดังตาราง 3.1 และขั้นตอนดังภาพ 3.1

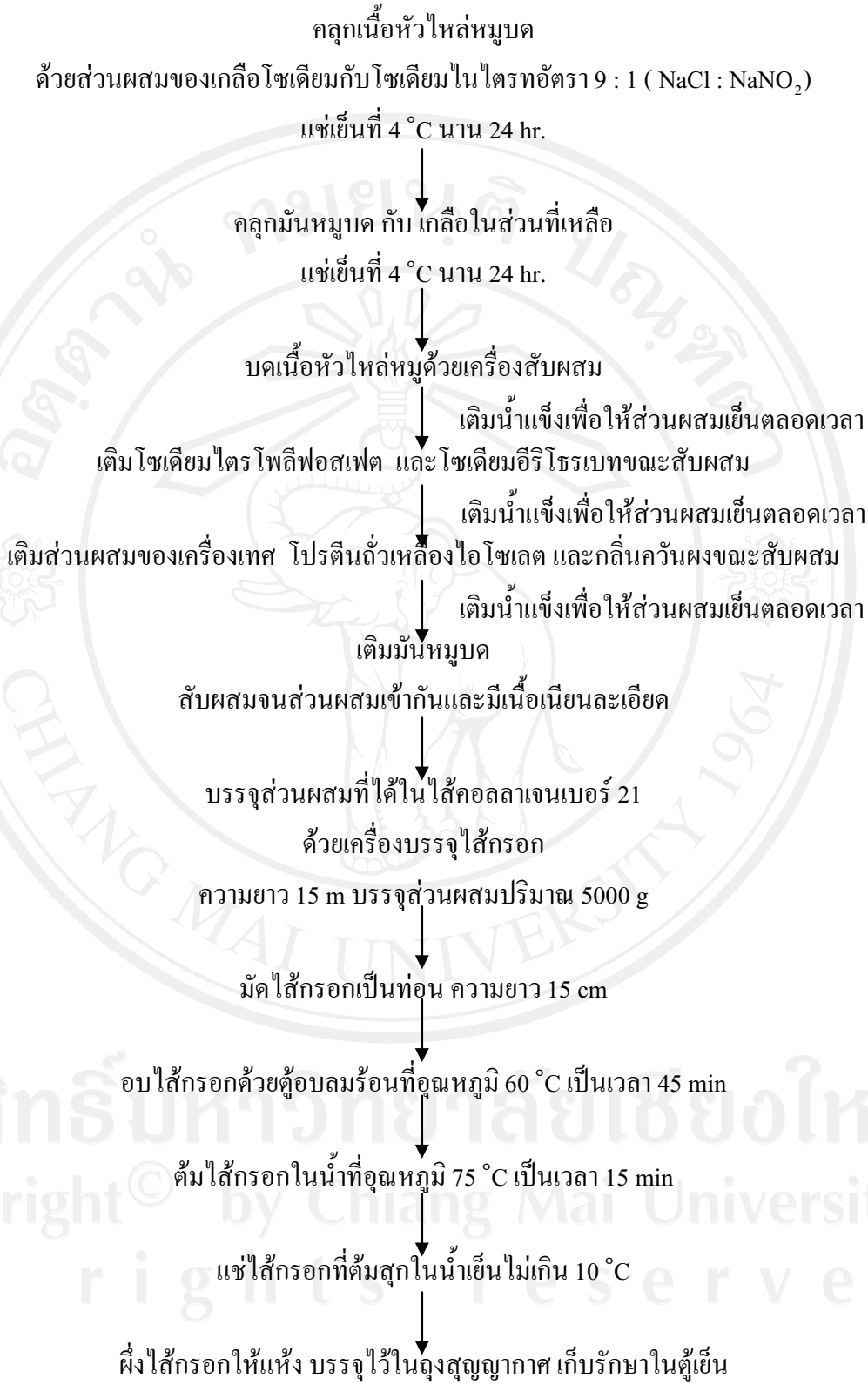
ตาราง 3.1 ส่วนผสมในการทำไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

ส่วนผสม	ร้อยละ
เนื้อหัวไหล่หมูบด	48.13
มันแข็งหมูบด	24.02
น้ำแข็ง	24.02
เกลือโซเดียมคลอไรด์(NaCl)	1.35
โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต (soy protein isolated)	0.95
กลิ่นควันผง (smoking powder)	0.28
โซเดียมอีริโธรเบท (sodium erythrobate)	0.28
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (sodium tri polyphosphates)	0.28
พริกไทยป่น	0.20
เมล็ดผักชีป่น	0.20
ลูกจันทน์ป่น	0.08
เครื่องเทศผสม*	0.20
โซเดียมไนไตรท (sodium nitrite)	0.01

ที่มา : กรมปศุสัตว์, 2546

* เครื่องเทศผสมประกอบด้วย พริกไทยป่นร้อยละ 23.25 พริกปาปริกาป่นร้อยละ 11.63 มาโจแรมป่นร้อยละ 11.63 ไทม์ป่นร้อยละ 11.63 ลูกจันทน์ป่นร้อยละ 11.63 ดอกจันทน์ป่นร้อยละ 11.63 กานพลูป่นร้อยละ 11.63 เมล็ดผักชีป่นร้อยละ 6.97

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 3.1 ขั้นตอนการทำไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ (กรมปศุสัตว์, 2546)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Generic Descriptive Analysis)

คัดเลือกผู้ทดสอบเพื่อใช้เป็นผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาจากผู้ทดสอบจำนวน 25 คน ทำการคัดเลือกผู้ทดสอบที่เคยรับประทานไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

1) การระบุรส (4 basic test)

ทำการเตรียมสารละลายรสชาติพื้นฐาน หวาน เปรี้ยว เค็ม และ ขม ตามความเข้มข้นดังต่อไปนี้

	สารละลาย
รสหวาน	สารละลายน้ำตาลซูโครส (Sucrose) ความเข้มข้นร้อยละ 2.00
รสเปรี้ยว	สารละลายกรดซิตริค (Citric acid) ความเข้มข้นร้อยละ 0.07
รสเค็ม	สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride) ความเข้มข้นร้อยละ 0.20
รสขม	สารละลายคาเฟอีน (Caffeine) ความเข้มข้นร้อยละ 0.07

ที่มา : ASTM, Committee E-18 (1992)

ทำการเสนอตัวอย่างสารละลายในถ้วยชิมปริมาตร 30 มิลลิลิตร ที่ติดด้วยรหัสเลขสุ่มสามตัว เสนอตัวอย่างทั้งหมด 5 ตัวอย่าง คือ สารละลายรสหวาน สารละลายรสเปรี้ยว สารละลายรสเค็ม สารละลายรสขม และสารละลายรสผสม 2 สารละลาย เสนอตัวอย่างพร้อมกันที่อุณหภูมิห้อง โดยตัวอย่างที่ถูกเสนอจะถูกสุ่มลำดับการนำเสนอ จากนั้นผู้ทดสอบจะชิมตัวอย่างสารละลายจากซ้ายไปขวา และระบุรสของตัวอย่างตามลำดับ ทำการทดสอบตามวิธีการดังกล่าว 2 ซ้ำ

2) การระบุกลิ่น (Odor recognition)

ทำการเตรียมตัวอย่างกลิ่น จำนวน 10 กลิ่น โดยหยดสารให้กลิ่นปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงบนสำลีก้อนที่บรรจุในขวดสีชาปริมาตร 150 มิลลิลิตร ที่ผ่านการล้างและอบด้วยลมร้อนติดด้วยรหัสเลขสุ่มสามตัว ปิดปากขวดด้วยอะลูมิเนียมฟอล์ยเจาะรูจำนวน 14 รู เพื่อให้ผู้ทดสอบทำการระบุกลิ่น และปิดฝาขวดตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบตัวอย่าง ในการทดสอบให้ผู้ทดสอบเปิดฝาขวดและใช้มือโบกดมกลิ่น จากนั้นให้ทำการระบุกลิ่นหรือบรรยายคุณลักษณะของกลิ่นในแต่ละตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3) การเรียงลำดับความเข้ม (Raking test)

ผู้ทดสอบทำการเรียงลำดับความเข้มข้นของสารละลายรสชาติพื้นฐาน หวาน เปรี้ยว เค็ม และ ขม ตามความเข้มข้นดังตาราง 3.2

ตาราง 3.2 ความเข้มข้นแต่ละระดับของสารละลายรสชาติพื้นฐาน

รสชาติพื้นฐาน	ระดับความเข้มข้นของสารละลาย (ร้อยละ)
รสขม (สารละลายคาเฟอีน)	0.035
	0.07
	0.14
รสหวาน (สารละลายซูโครส)	1.00
	2.00
	4.00
รสเค็ม (สารละลายโซเดียมคลอไรด์)	0.10
	0.20
	0.40
รสเปรี้ยว (สารละลายกรดซิตริค)	0.035
	0.07
	0.14

ที่มา : ASTM, Committee E-18 (1992)

ทำการเสนอตัวอย่างสารละลายในถ้วยชิมปริมาตร 30 มิลลิลิตร ที่ติดด้วยรหัสเลขสุ่มสามตัว ตัวอย่างจะถูกนำเสนอทีละรสชาติพร้อมกันทั้งสามความเข้มข้น กันที่อุณหภูมิห้อง โดยตัวอย่างสารละลายแต่ละความเข้มข้น จะถูกสุ่มลำดับการนำเสนอ จากนั้นผู้ทดสอบจะชิมตัวอย่างสารละลายจากซ้ายไปขวา และ เรียงลำดับความเข้มข้น ของตัวอย่างตามลำดับ จากน้อยไปมาก ทำการทดสอบตามวิธีการดังกล่าว 2 ซ้ำ

การคัดเลือกผู้ทดสอบตามวิธีการข้างต้นทำการทดสอบในห้องประเมินทางประสาทสัมผัส สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยผู้ทดสอบที่จะผ่านการคัดเลือกต้องระบุรสให้ถูกต้องทั้งหมด ระบุกลิ่นหรืออธิบายกลิ่นถูกต้องอย่างน้อย 8 กลิ่น และต้องทำการเรียงลำดับความเข้มข้นของสารละลายรสชาติพื้นฐานให้ถูกต้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การฝึกฝนผู้ทดสอบ

ผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกจะได้รับการฝึกฝนการใช้เสกลเส้นตรงมาตรฐาน 150 มิลลิเมตร ในแต่ละคุณลักษณะดังตาราง 3.3

ตาราง 3.3 ความเข้มของคุณลักษณะ และความเข้มข้นของสารละลายในแต่ละคุณลักษณะ

คุณลักษณะ	ความเข้มของคุณลักษณะบนเสกล(มิลลิเมตร)	ความเข้มข้นของสารละลาย
รสหวาน	150	สารละลายน้ำตาลซูโครสร้อยละ 16
	100	สารละลายน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10
	50	สารละลายน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5
	20	สารละลายน้ำตาลซูโครสร้อยละ 2
รสเค็ม	85	สารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.50
	50	สารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.35
	25	สารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.20
รสเปรี้ยว	100	สารละลายกรดซิตริคร้อยละ 0.15
	50	สารละลายกรดซิตริคร้อยละ 0.08
	20	สารละลายกรดซิตริคร้อยละ 0.05
รสขม	100	สารละลายคาเฟอีนร้อยละ 0.15
	50	สารละลายคาเฟอีนร้อยละ 0.08
	20	สารละลายคาเฟอีนร้อยละ 0.05

ที่มา : Meilgaard et al. (2007)

ทำการฝึกฝนการประเมินบนเส้นตรงมาตรฐานกับผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกในห้องประเมินทางประสาทสัมผัส สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่อย่างน้อย 10 ครั้งก่อนการประเมินความเข้มในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.3 วิธีการทดลอง แบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ตอนได้แก่

ตอนที่ 1 การศึกษาผลของการทดแทนเกลือ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติของไส้กรอกฟรงค์เฟอร์เตอร์

ทำการศึกษาโดยการทดแทนเกลือโซเดียม คลอไรด์ ด้วยเกลือโพแทสเซียม คลอไรด์ ในส่วนผสมการผลิตไส้กรอกโดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design แบบ D – optimal ด้วย ซึ่งปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ เกลือโซเดียม คลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ กำหนดระดับสูง – ต่ำของปัจจัย ดังนี้

	ระดับต่ำ	ระดับสูง (หน่วย : ร้อยละ)
เกลือโซเดียมคลอไรด์	0.00	100.00
เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์	0.00	100.00

กำหนดให้ส่วนผสมอื่น ๆ คงที่ตามส่วนผสมพื้นฐาน ดังในตาราง 3.1 ที่ใช้ในการทดลอง และเมื่อใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Design-Expert version 6.0.10 (Statease Inc., Minneapolis, USA, 2000) กำหนดระดับสูง – ต่ำ ของปัจจัยตามที่กำหนด ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 5 สิ่งการทดลอง ดังตาราง 3.4 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

ตาราง 3.4 สิ่งทดลองของการศึกษาผลของการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ ด้วยเกลือโพแทสเซียม คลอไรด์ ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติของไส้กรอก

สิ่งทดลอง	ปัจจัยในสิ่งทดลอง (ร้อยละ)	
	เกลือโซเดียมคลอไรด์	เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์
1	100.00	0.00
2	75.00	25.00
3	50.00	50.00
4	25.00	75.00
5	0.00	100.00

หมายเหตุ : ส่วนผสมทั้งหมดร้อยละ 100 ในตาราง คิดเป็น ร้อยละ 1.35 ของส่วนผสมทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากนั้นนำสิ่งทดลองที่ได้ไปทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA) และด้านความแน่นเนื้อ (firmness) ด้วยเครื่อง Texture analyser (TA-XT Plus, UK) และทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Generic Descriptive Analysis) ในด้านรสเค็ม และรสขมด้วยผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนตามวิธีการของ ASTM (1992) จำนวน 12 คน

การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Generic Descriptive Analysis)

ไส้กรอก ในแต่ละ สิ่งทดลอง จะถูกประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Generic Descriptive Analysis) ในคุณลักษณะ ความเข้ม ด้านรสเค็ม (saltiness) และรสขม (bitterness) ด้วยผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนตามวิธีการของ ASTM (1992) จำนวน 12 คน โดยทำการต้มตัวอย่างไส้กรอก แต่ละสิ่งทดลอง ในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที และตัดเป็นท่อนยาว 30 มิลลิเมตร บรรจุในถ้วยพลาสติกทนร้อนที่มีฝาปิดสนิท และทำการเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เพื่อรอการทดสอบ ตัวอย่างจะถูกนำเสนอต่อผู้ทดสอบทีละ 1 ตัวอย่าง ด้วยรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว โดยมีการสุ่มลำดับการนำเสนอ และให้ผู้ทดสอบบ้วนปากระหว่างการรอประเมินตัวอย่างถัดไป แต่ละตัวอย่างจะถูกนำเสนอด้วยเวลาห่างกัน 3 นาที ผู้ทดสอบทำการประเมินโดยการให้คะแนนความเข้มลงบนเส้นตรงยาว 150 มิลลิเมตร ในแบบทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SuSense, Thailand) ทำการทดสอบในห้องประเมินทางประสาทสัมผัส สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การทดสอบคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส

การวัดค่าเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA)

ทำการประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของไส้กรอก ในแต่ละ สิ่งทดลอง ด้วยการประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA) ด้วยเครื่อง Texture analyser (TA-XT Plus, UK) โดยทำการต้มไส้กรอกที่จะทำการประเมินในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นตัดเป็นท่อนยาว 25 มิลลิเมตร เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิทตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ทำการวัดค่าตัวอย่างด้วยหัววัดอะลูมิเนียมทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (Ø 35 mm aluminum cylinder probe) โหลดเซลล์ที่ใช้ในการวัดค่า 50 กิโลกรัม โดยกำหนดการวัดค่าของเครื่องมือ ใช้ความเร็วก่อนการวัดค่าตัวอย่าง 1.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วขณะทำการวัดค่าตัวอย่าง 5.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหลังการวัดค่าตัวอย่าง 5.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะเวลาระหว่างการกดครั้งที่สอง 5.00 วินาที ตัวอย่างจะถูกกดลงไปเป็นระยะทางร้อยละ 30 ของความสูงตัวอย่าง ดัดแปลงจากวิธีการทดลองของ Colmenero *et al.* (2004) แต่ละสิ่งทดลองจะทำการวัดค่า 10 ตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวัดค่าความแน่นเนื้อ (Firmness)

ทำการประเมินคุณลักษณะทางด้านความแน่นเนื้อ (firmness) ของไส้กรอก ในแต่ละสิ่งทดลอง ด้วยเครื่อง Texture analyser (TA-XT Plus, UK) โดยทำการต้มไส้กรอกที่จะทำการประเมินในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นตัดเป็นท่อนยาว 30 มิลลิเมตร เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิทตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ทำการวัดค่าตัวอย่างด้วยหัววัดทดสอบแรงเฉือน (blade set with warner bratzler) โหลดเซลล์ที่ใช้ในการวัดค่า 50 กิโลกรัม โดยกำหนดการวัดค่าของเครื่องมือ ใช้ความเร็วก่อนการวัดค่าตัวอย่าง 1.50 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วขณะวัดค่าตัวอย่าง 1.50 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหลังการวัดค่าตัวอย่าง 10.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทางที่ใช้ในการวัดค่าตัวอย่าง 40.00 มิลลิเมตร แต่ละสิ่งทดลองจะทำการวัดค่า 10 ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Design-Expert Version 6.0.2 (Minneapolis, Minnesota) และทดสอบความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Least significant difference (LSD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 11.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบการใช้แอล-อาร์จินีน (L-arginine) และไกลซีน (Glycine) ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

จากการทดลองที่ 1 พบว่าที่ระดับการใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 75 ร่วมกับเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 25 ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อเกลือโซเดียมคลอไรด์เป็น 3:1 ไส้กรอกที่ได้เริ่มมีความเข้มในด้านรสขมแตกต่างจากไส้กรอกที่ใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว(100% NaCl) และจากการศึกษาทดลองคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในซุปที่ใช้การทดแทนเกลือบริโภค และเติมแอล -อาร์จินีนลงไป พบว่าผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างของซุปที่ใช้เกลือโพแทสเซียมทดแทนเกลือบริโภค ร่วมกับการใช้แอล-อาร์จินีนได้ ซึ่งในซุปดังกล่าวสามารถใช้เกลือโพแทสเซียมร้อยละ 85 ร่วมกับแอล-อาร์จินีนร้อยละ 15 (Waimaleongora-Ek, 2006) นอกจากนั้นการใช้ไกลซีนมากกว่าร้อยละ 20 จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวเกิดขึ้น (Kilcast and Angus, 2007) ดังนั้นจึงทำการทดลองทดแทนการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ร่วมกับเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่ระดับดังกล่าวด้วยการใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แอล-อาร์จินีน (L-arginine) ปริมาณร้อยละ 15 เปรียบเทียบกับการใช้ ไกลซีน (glycine) ปริมาณร้อยละ 15 ในสูตรการผลิตไส้กรอก โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design :CRD)ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ได้สิ่งทดลอง ดังตาราง 3.5

ตาราง 3.5 สิ่งทดลองของการเปรียบเทียบการใช้แอล-อาร์จินีน (L-arginine) และไกลซีน (glycine) ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติของไส้กรอก

สิ่งทดลอง	(หน่วย : ร้อยละของเกลือที่ใช้ในส่วนผสมทั้งหมด)			
	NaCl	KCl	glycine	L - arginine
1	100.00	-	-	-
2	25.00	75.00	-	-
3	21.25	63.75	15.00	-
4	21.25	63.75	-	15.00

หมายเหตุ : ส่วนผสมทั้งหมดร้อยละ 100 ในตาราง คิดเป็น ร้อยละ 1.35 ของส่วนผสมทั้งหมด

จากนั้นนำสิ่งทดลองที่ได้ไปทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA) และด้านความแน่นเนื้อ (firmness) ด้วยเครื่อง Texture analyser (TA-XT Plus, UK) และทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (generic descriptive analysis) ในด้านรสเค็มและรสขมด้วยผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนตามวิธีการของ ASTM (1992) จำนวน 12 คน และทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scaleใช้แบบทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SuSense, Thailand)

การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Generic Descriptive Analysis) ไส้กรอก ในแต่ละ สิ่งทดลอง จะถูกประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Generic Descriptive Analysis) ในคุณลักษณะ ความเข้ม ด้านรสเค็ม (Saltiness) และรสขม (Bitterness) ด้วยผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนตามวิธีการของ ASTM (1992) จำนวน 12 คน โดยทำการต้มตัวอย่างไส้กรอก แต่ละสิ่งทดลอง ในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที และตัดเป็นท่อนยาว 30 มิลลิเมตร บรรจุในถ้วยพลาสติกทนร้อนที่มีฝาปิดสนิท และทำการเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เพื่อรอการทดสอบ ตัวอย่างจะถูกนำเสนอต่อผู้ทดสอบทีละ 1 ตัวอย่าง ด้วยรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว โดยมีการสุ่มลำดับการนำเสนอ และให้ผู้ทดสอบบ้วนปากระหว่างการรอประเมินตัวอย่างถัดไป แต่ละตัวอย่างจะถูกนำเสนอด้วยเวลาห่างกัน 3 นาที ผู้ทดสอบ ทำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การ ประเมินโดยการให้คะแนนความเข้มลงบนเส้นตรงยาว 150 มิลลิเมตร ในแบบทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SuSense, Thailand) ทำการทดสอบในห้องประเมินทางประสาทสัมผัส สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค(Consumer acceptance)

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory test) โดยทำการทดสอบในห้องประเมินทางประสาทสัมผัส สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) (Peryam and Pilgrim, 1957) ด้วยแบบทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SuSense, Thailand) ทำการทดสอบกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน ผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมายคือ นักศึกษาในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่รับประทาน ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ สุ่มผู้ทดสอบโดยไม่ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความสะดวก (convenience sampling) ทำการต้มตัวอย่างไส้กรอกที่ทำการประเมินในน้ำเดือด เวลา 3 นาที และตัดเป็นท่อนยาว 30 มิลลิเมตร บรรจุในถ้วยพลาสติกทนร้อนที่มีฝาปิดสนิท และทำการเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เพื่อรอการทดสอบ ตัวอย่างจะถูกนำเสนอต่อผู้ทดสอบทีละ 1 ตัวอย่าง ด้วยรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว โดยมีการสุ่มลำดับการนำเสนอ และให้ผู้ทดสอบบ้วนปากระหว่างการรอประเมินตัวอย่างถัดไป แต่ละตัวอย่างจะถูกนำเสนอด้วยเวลาห่างกัน 3 นาที เมื่อทำการทดสอบเสร็จ ผู้ทดสอบจะได้รับของที่ระลึกตอบแทนในการทดสอบ

การทดสอบคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส

การวัดค่าเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA)

ทำการประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของไส้กรอก ในแต่ละ สิ่งทดลอง ด้ว ย การประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA) ด้วยเครื่อง Texture analyser (TA-XT Plus, UK) โดยทำการต้มไส้กรอกที่จะทำการประเมินในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นตัดเป็นท่อนยาว 25 มิลลิเมตร เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิทตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ทำการวัดค่าตัวอย่างด้วยหัววัดอะลูมิเนียมทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (Ø 35 mm aluminum cylinder probe) โหลดเซลล์ที่ใช้ในการวัดค่า 50 กิโลกรัม โดยกำหนดการวัดค่าของเครื่องมือ ใช้ความเร็วก่อนการวัดค่าตัวอย่าง 1.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วขณะทำการวัดค่าตัวอย่าง 5.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหลังการวัดค่าตัวอย่าง 5.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะเวลาระหว่างการกดครั้งที่สอง 5.00 วินาที ตัวอย่างจะถูกกดลงไปเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระยะทางร้อยละ 30 ของความสูงตัวอย่าง ดัดแปลงจากวิธีการทดลองของ Colmenero *et al.* (2004) แต่ละสิ่งทดลองจะทำการวัดค่า 10 ตัวอย่าง

การวัดค่าความแน่นเนื้อ (Firmness)

ทำการประเมินคุณลักษณะทางด้านความแน่นเนื้อ (firmness) ของไส้กรอก ในแต่ละสิ่งทดลอง ด้วยเครื่อง Texture analyser (TA-XT Plus, UK) โดยทำการต้มไส้กรอกที่จะทำการประเมินในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นตัดเป็นท่อนยาว 30 มิลลิเมตร เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิทตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ทำการวัดค่าตัวอย่างด้วยหัววัดทดสอบแรงเฉือน (blade set with warner bratzler) โหลดเซลล์ที่ใช้ในการวัดค่า 50 กิโลกรัม โดยกำหนดการวัดค่าของเครื่องมือ ใช้ความเร็วก่อนการวัดค่าตัวอย่าง 1.50 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วขณะวัดค่าตัวอย่าง 1.50 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหลังการวัดค่าตัวอย่าง 10.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทางที่ใช้ในการวัดค่าตัวอย่าง 40.00 มิลลิเมตร แต่ละสิ่งทดลองจะทำการวัดค่า 10 ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Least significant difference (LSD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 11.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)

ตอนที่ 3 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก แฟรงค์เฟอร์เตอร์ ที่ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียม คลอไรด์ (KCl) และใช้กรดอะมิโนในการบดบังรสขมของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์

ทำการศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกโดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ด้วยโปรแกรม Design-Expert version 6.0.10 (Statease Inc., Minneapolis, USA) โดยเลือก Mixture Design แบบ D-optimal โดยผันแปร 3 ปัจจัยคือ ปริมาณเกลือโซเดียม คลอไรด์ (NaCl) ปริมาณเกลือโพแทสเซียม คลอไรด์ (KCl) และปริมาณกรดอะมิโน ไกลซีน (glycine) เนื่องจากการทดลองที่ 2 พบว่าไกลซีนสามารถที่จะบดบังรสขม และเสริมรสเค็มในไส้กรอกได้ มีราคาถูก และหาซื้อได้ง่ายกว่า แอล-อาร์จินีน จึงเลือกไกลซีนมาใช้ในการศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก โดยข้อกำหนดของการทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้คือ ผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แฟรงค์เฟอร์เตอร์ลดปริมาณเกลือโซเดียม ซึ่งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541 ระบุว่าผลิตภัณฑ์ที่จะกล่าวอ้างได้ว่ามีการลดสารอาหารนั้น จะต้องสามารถทำการลดปริมาณสารอาหารนั้นๆได้อย่างน้อยร้อยละ 25 จากสูตรเดิม ดังนั้นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ต้องทำการลดปริมาณโซเดียมที่ใช้ในสูตรลงอย่างน้อยร้อยละ 25 ซึ่งจากการพิจารณาแล้วปริมาณโซเดียมส่วนมากที่มีในผลิตภัณฑ์มาจากเกลือโซเดียมคลอไรด์ การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงลดปริมาณโซเดียมลงโดยการลดปริมาณของเกลือโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งจากการคำนวณปริมาณโซเดียมเบื้องต้นที่มีอยู่ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ดังตาราง 3.6

ตาราง 3.6 ปริมาณโซเดียมที่มีในส่วนผสมในการผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

ส่วนผสม	NaCl	$NaNO_2$	Soy protein isolate	Sodium erythorbate	Sodium tripoly phosphate
Sodium content (% of each ingredient)*	39.30	33.32	1.00	10.64	31.25
Sodium content (% in recipe)**	0.54	0.0033	0.0095	0.0300	0.0875

*ที่มา : www.nutritiondata.com

** % recipe ตามตาราง 3.1

จากการคำนวณปริมาณโซเดียมในส่วนผสมพบว่ามีปริมาณโซเดียมร้อยละ 0.6703 ของส่วนผสมทั้งหมด ซึ่งคิดเป็นปริมาณโซเดียมร้อยละ 100 หากต้องการลดปริมาณโซเดียมจากสูตรเดิมลงอย่างน้อยร้อยละ 25 ต้องลดปริมาณโซเดียมลงอย่างน้อยร้อยละ 0.1675 ของส่วนผสมทั้งหมด ซึ่งจากตาราง 3.6 พบว่าปริมาณของโซเดียมในผลิตภัณฑ์ได้มาจาก เกลือโซเดียมคลอไรด์ โซเดียมไนไตรท โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต โซเดียมอีริโธเบท และโซเดียมไตรโพลิฟอสเฟต โดยที่โซเดียมที่มีในผลิตภัณฑ์ส่วนมากได้มาจากเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่ส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ โซเดียมไนไตรท โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต โซเดียมอีริโธเบท และโซเดียมไตรโพลิฟอสเฟต จะมีผลต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก เช่น สี เนื้อสัมผัส และความชื้น ดังนั้นจึงใช้ส่วนผสมดังกล่าวในปริมาณคงที่ การทดลองนี้จึงทำการลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์ด้วยการลดการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งปริมาณของโซเดียมร้อยละ 0.54 ในส่วนผสม ได้มาจากเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1.35 ของส่วนผสมทั้งหมด ถ้าหากต้องการลดปริมาณโซเดียมร้อยละ 0.1675 ในส่วนผสมจะต้องทำการลดการใช้ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ลงปริมาณร้อยละ 0.42 ของส่วนผสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และหากคิดปริมาณของเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1.35 ในส่วนผสม เป็นปริมาณของเกลือที่ใช้ทั้งหมดร้อยละ 100.00 ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ร้อยละ 0.42 จะคิดเป็นร้อยละ 31.11 ของเกลือที่ใช้ทั้งหมดในส่วนผสม ดังนั้นในการศึกษาทดลองนี้จึงทำการลดปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงจากสูตรเดิมอย่างน้อยร้อยละ 35 ซึ่งหมายความว่าต้องใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ในส่วนผสมไม่เกินร้อยละ 65 ของปริมาณเกลือที่ใช้ทั้งหมด นอกจากนั้นยังมีการเลือกใช้กรดอะมิโนไกลซีนเพื่อบดบังรสขมที่อาจจะเกิดขึ้นจากการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ในปริมาณสูง ซึ่งกรดอะมิโนไกลซีนเป็นกรดอะมิโนที่นิยมนำมาใช้ผลิตภัณฑ์ลดเกลือโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งมีบทบาทในการลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี และเป็นตัวเสริมรสเค็มในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก แต่การใช้ไกลซีนมากกว่าร้อยละ 20 จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวเกิดขึ้น (Kilcast and Angus, 2007)

ดังนั้นจึงกำหนดระดับสูง – ต่ำ ของส่วนผสมต่าง ๆ ที่ทำการผันแปร เพื่อใช้ในการวางแผนการทดลองดังนี้

	ระดับต่ำ	ระดับสูง (หน่วย : ร้อยละ)
เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	0.00	65.00
เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)	35.00	100.00
กรดอะมิโนไกลซีน (Glycine)	0.00	20.00

โดยที่ปริมาณร้อยละ 100 ในระดับสูง – ต่ำ ของปัจจัยที่ทำการผันแปรจะเท่ากับปริมาณของเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1.35 ที่ใช้ในสูตรตั้งต้น ส่วนผสมอื่น ๆ จะกำหนดให้ใช้ในปริมาณคงที่ ได้แก่ เนื้อหมู และมันหมูใช้ในปริมาณร้อยละ 48.13 และ 24.02 ตามลำดับ น้ำแข็งหลอดเล็กร้อยละ 24.02 โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตร้อยละ 0.95 เครื่องเทศ(ประกอบด้วย พริกไทยป่น ลูกจันทน์ป่น ดอกจันทน์ป่น ลูกผักชีป่น มาโจแรมป่น ไทม์ป่น พริกปาปริก้าป่น กานพลูป่น จาก บริษัท ยูไนเต็ดโปรเกส จำกัด, ประเทศไทย) ร้อยละ 0.68 กลิ่นควันผงร้อยละ 0.28 โซเดียมอีริโธรเบตร้อยละ 0.28 โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 0.28 โซเดียมไนไตรทร้อยละ 0.01

เมื่อ วางแผนการทดลองแบบ Mixture design ด้วยโปรแกรม Design-Expert version 6.0.10 (Statease Inc., Minneapolis, USA) โดยกำหนดระดับสูง - ต่ำของปัจจัยที่ทำการศึกษาตามเงื่อนไขที่กำหนด จะได้สิ่งทดลองทั้งหมด 14 สิ่งทดลอง ดังตาราง 3.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3.7 สิ่งทดลองของการศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ลดเกลือโซเดียม

สิ่งทดลอง	ร้อยละส่วนผสมของเกลือในสูตร*		
	เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)	ไกลซีน (Glycine)
1	0.00	80.00	20.00
2	0.00	90.00	10.00
3	65.00	35.00	0.00
4	45.00	35.00	20.00
5	32.50	67.50	0.00
6	46.25	48.75	5.00
7	0.00	100.00	0.00
8	13.75	76.25	10.00
9	45.00	35.00	20.00
10	65.00	35.00	0.00
11	22.50	57.50	20.00
12	0.00	80.00	20.00
13	0.00	100.00	0.00
14	55.00	35.00	10.00

* ส่วนผสมทั้งหมดร้อยละ 100 ในตาราง คิดเป็น ร้อยละ 1.35 ของส่วนผสมทั้งหมดดังตาราง 3.1

จากนั้นทำการผลิตไส้กรอกตามสิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองดังกล่าว และนำผลิตภัณฑ์ในสิ่งทดลองต่างๆ ที่ได้ไปทดสอบคุณภาพ ดังนี้

การทดสอบทางเคมีกายภาพ

- วัดค่าสี L* a* b* (Chroma meter model CR-400, Konica Minolta, Japan)
- วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี a_w (Aqualab LITE , USA)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดสอบคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส

การวัดค่าเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA)

ทำการประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของไส้กรอก ในแต่ละ สิ่งทดลอง ด้ว ย การประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA) ด้วยเครื่อง Texture analyser (TA-XT Plus, UK) โดยทำการต้มไส้กรอกที่จะทำการประเมินในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นตัดเป็นท่อนยาว 25 มิลลิเมตร เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิทตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ทำการวัดค่าตัวอย่างด้วยหัววัดอะลูมิเนียมทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (Ø 35 mm aluminum cylinder probe) โหลดเซลล์ที่ใช้ในการวัดค่า 50 กิโลกรัม โดยกำหนดการวัดค่าของเครื่องมือ ใช้ความเร็วก่อนการวัดค่าตัวอย่าง 1.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วขณะทำการวัดค่าตัวอย่าง 5.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหลังการวัดค่าตัวอย่าง 5.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะเวลาระหว่างการกดครั้งที่สอง 5.00 วินาที ตัวอย่างจะถูกกดลงไปเป็นระยะทางร้อยละ 30 ของความสูงตัวอย่าง ดัดแปลงจากวิธีการทดลองของ Colmenero *et al.* (2004) แต่ละสิ่งทดลองจะทำการวัดค่า 10 ตัวอย่าง

การวัดค่าความแน่นเนื้อ (Firmness)

ทำการประเมินคุณลักษณะทางด้านความแน่นเนื้อ (firmness) ของไส้กรอก ในแต่ละสิ่งทดลอง ด้วยเครื่อง Texture analyser (TA-XT Plus, UK) โดยทำการต้มไส้กรอกที่จะทำการประเมินในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นตัดเป็นท่อนยาว 30 มิลลิเมตร เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิทตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ทำการวัดค่าตัวอย่างด้วยหัววัดทดสอบแรงเฉือน (blade set with warner bratzler) โหลดเซลล์ที่ใช้ในการวัดค่า 50 กิโลกรัม โดยกำหนดการวัดค่าของเครื่องมือ ใช้ความเร็วก่อนการวัดค่าตัวอย่าง 1.50 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วขณะวัดค่าตัวอย่าง 1.50 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหลังการวัดค่าตัวอย่าง 10.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทางที่ใช้ในการวัดค่าตัวอย่าง 40.00 มิลลิเมตร แต่ละสิ่งทดลองจะทำการวัดค่า 10 ตัวอย่าง

การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Generic Descriptive Analysis)

ไส้กรอก ในแต่ละ สิ่งทดลอง จะถูกประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Generic Descriptive Analysis) ในคุณลักษณะ ความเข้ม ด้านรสเค็ม (Saltiness) และรสขม (Bitterness) ด้วยผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนตามวิธีการของ ASTM (1992) จำนวน 12 คน โดยทำการต้มตัวอย่างไส้กรอก แต่ละสิ่งทดลอง ในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที และตัดเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ท่อนยาว 30 มิลลิเมตร บรรจุในถ้วยพลาสติกทนร้อนที่มีฝาปิดสนิท และทำการเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เพื่อรอการทดสอบ ตัวอย่างจะถูกนำเสนอต่อผู้ทดสอบทีละ 1 ตัวอย่าง ด้วยรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว โดยมีการสุ่มลำดับการนำเสนอ และให้ผู้ทดสอบบ้วนปากระหว่างการรอประเมินตัวอย่างถัดไป แต่ละตัวอย่างจะถูกนำเสนอด้วยเวลาห่างกัน 3 นาที ผู้ทดสอบ ทำการ ประเมินโดยการให้คะแนนความเข้มลงบนเส้นตรงยาว 150 มิลลิเมตร ในแบบทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SuSense, Thailand)

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค(Consumer acceptance)

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory test) โดยทำการทดสอบในห้องประเมินทางประสาทสัมผัส สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่รับประทาน ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) (Peryam and Pilgrim, 1957) ด้วยแบบทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SuSense, Thailand) ทำการทดสอบกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน ผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมายคือ นักศึกษาในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สุ่มผู้ทดสอบโดยไม่ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความสะดวก (convenience sampling) ทำการต้มตัวอย่างไส้กรอกที่ทำการประเมินในน้ำเดือด เวลา 3 นาที และตัดเป็นท่อนยาว 30 มิลลิเมตร บรรจุในถ้วยพลาสติกทนร้อนที่มีฝาปิดสนิท และทำการเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เพื่อรอการทดสอบ ตัวอย่างจะถูกนำเสนอต่อผู้ทดสอบทีละ 1 ตัวอย่าง ด้วยรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว โดยมีการสุ่มลำดับการนำเสนอ และให้ผู้ทดสอบบ้วนปากระหว่างการรอประเมินตัวอย่างถัดไป แต่ละตัวอย่างจะถูกนำเสนอด้วยเวลาห่างกัน 3 นาที เมื่อทำการทดสอบเสร็จผู้ทดสอบจะได้รับของที่ระลึกตอบแทนในการทดสอบ

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคนำมาวิเคราะห์หาช่วงของสูตรที่เหมาะสม (Optimization) ใช้วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology; RSM) โดยใช้โปรแกรม Design-Expert version 6.0.10 (Statease Inc., Minneapolis, USA) ค่าที่ใช้ในการคัดเลือกระดับของส่วนผสมที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ลดเกลือโซเดียม คือ คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในคุณลักษณะทางด้านความชอบโดยรวม กลิ่นรส รสเค็ม รสชาติโดยรวม และเนื้อสัมผัส ที่มีค่าคะแนนการยอมรับอย่างน้อย 5.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตอนที่ 4 การทดสอบผลิตภัณฑ์สุดท้ายของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ลดเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ทำการพัฒนาได้

จากการวิเคราะห์ช่วงที่เหมาะสมจากการทดลองตอนที่ 3 ทำการผลิตไส้กรอกตามช่วงที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากส่วนผสมที่ได้ค่าคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคจากการวิเคราะห์มากที่สุด จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบคุณภาพ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสูตรพื้นฐานที่ไม่ได้ทำการลดปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ในส่วนผสม ดังต่อไปนี้

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค(Consumer acceptance)

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทำการทดสอบแบบสถานที่ชุมชน (Central location test, CLT) โดยทำการทดสอบ ณ องค์การสโมสรนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) (Peryam and Pilgrim, 1957) ทำการทดสอบกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 115 คน ผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมายคือ นักศึกษาในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่รับประทานไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ สุ่มผู้ทดสอบโดยไม่ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความสะดวก (convenience sampling) ทำการต้มตัวอย่างไส้กรอกที่ทำการประเมินในน้ำเดือด เวลา 3 นาที และตัดเป็นท่อนยาว 30 มิลลิเมตร บรรจุในถ้วยพลาสติกทนร้อนที่มีฝาปิดสนิท และทำการเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เพื่อรอการทดสอบ ตัวอย่างจะถูกนำเสนอต่อผู้ทดสอบทีละ 1 ตัวอย่าง ด้วยรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว โดยมีการสุ่มลำดับการนำเสนอ และให้ผู้ทดสอบบ้วนปากระหว่างการรอประเมินตัวอย่างถัดไป แต่ละตัวอย่างจะถูกนำเสนอด้วยเวลาห่างกัน 3 นาที ซึ่งผู้ทดสอบจะทำการประเมินตัวอย่างในห้องทดสอบเคลื่อนที่ (mobile booth) โดยผู้ทดสอบจะได้รับตัวอย่างในการทดสอบ 2 ชุด ชุดแรกผู้ทดสอบจะได้รับตัวอย่างเพื่อทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสตามปกติ ชุดที่สองผู้ทดสอบจะได้รับข้อมูลที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ท่านจะได้รับต่อไปนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ลดเกลือโซเดียม ซึ่งเกลือโซเดียมที่ทำการลดลงในส่วนผสมคือเกลือโซเดียมคลอไรด์(NaCl) หรือเกลือแกง โดยที่การลดปริมาณโซเดียมลงจากส่วนผสมเป็นการลดความเสี่ยงของผู้บริโภคในการรับปริมาณโซเดียมในแต่ละวัน เนื่องจากการได้รับโซเดียมเป็นปริมาณมากในแต่ละวันจะส่งผลต่อสภาวะความดันโลหิตของร่างกายทำให้เกิดภาวะความดันโลหิตสูง นอกจากนั้นยังมีความเสี่ยงต่อภาวะการเกิดหัวใจวายได้

ดังนั้นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นดังต่อไปนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ลดปริมาณโซเดียมลงในส่วนผสมเพื่อลดปริมาณโซเดียมที่ผู้บริโภคจะได้รับจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ไส้กรอกลง เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะความดันโลหิตสูง และภาวะหัวใจวาย ต่อผู้บริโภค

ภาพ 3.2 ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ลดเกลือโซเดียมที่ทำการพัฒนาได้

จากนั้นผู้บริโภคจึงจะเริ่มทำการทดสอบตัวอย่างอีก 1 ซ้ำ เมื่อทำการทดสอบเสร็จผู้ทดสอบจะได้รับของที่ระลึกตอบแทนในการทดสอบ

การทดสอบทางเคมีกายภาพ

- วัดค่าสี L* a* b* (Chroma meter model CR-400, Konica Minolta, Japan)
- วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี a_w (Aqualab LITE , USA)
- ความชื้น (AOAC, 2000)
- วิเคราะห์ปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี Inductively coupled plasma (ICP)

การทดสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

- การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และ รา (AOAC, 2000)
- การทดสอบ Coliform Bacterial ด้วยวิธี MPN (AOAC, 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดสอบคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส

การวัดค่าเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA)

ทำการประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของไส้กรอก ในแต่ละ สิ่งทดลอง ด้ว ย การประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA) ด้วยเครื่อง Texture analyser (TA-XT Plus, UK) โดยทำการต้มไส้กรอกที่จะทำการประเมินในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นตัดเป็นท่อนยาว 25 มิลลิเมตร เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิทตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ทำการวัดค่าตัวอย่างด้วยหัววัดอะลูมิเนียมทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (Ø 35 mm aluminum cylinder probe) โหลดเซลล์ที่ใช้ในการวัดค่า 50 กิโลกรัม โดยกำหนดการวัดค่าของเครื่องมือ ใช้ความเร็วก่อนการวัดค่าตัวอย่าง 1.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วขณะทำการวัดค่าตัวอย่าง 5.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหลังการวัดค่าตัวอย่าง 5.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะเวลาระหว่างการกดครั้งที่สอง 5.00 วินาที ตัวอย่างจะถูกกดลงไปเป็นระยะทางร้อยละ 30 ของความสูงตัวอย่าง ดัดแปลงจากวิธีการทดลองของ Colmenero *et al.* (2004) แต่ละสิ่งทดลองจะทำการวัดค่า 10 ตัวอย่าง

การวัดค่าความแน่นเนื้อ (Firmness)

ทำการประเมินคุณลักษณะทางด้านความแน่นเนื้อ (firmness) ของไส้กรอก ในแต่ละสิ่งทดลอง ด้วยเครื่อง Texture analyser (TA-XT Plus, UK) โดยทำการต้มไส้กรอกที่จะทำการประเมินในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นตัดเป็นท่อนยาว 30 มิลลิเมตร เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิทตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ทำการวัดค่าตัวอย่างด้วยหัววัดทดสอบแรงเฉือน (blade set with warner bratzler) โหลดเซลล์ที่ใช้ในการวัดค่า 50 กิโลกรัมโดยกำหนดการวัดค่าของเครื่องมือ ใช้ความเร็วก่อนการวัดค่าตัวอย่าง 1.50 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วขณะวัดค่าตัวอย่าง 1.50 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหลังการวัดค่าตัวอย่าง 10.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทางที่ใช้ในการวัดค่าตัวอย่าง 40.00 มิลลิเมตร แต่ละสิ่งทดลองจะทำการวัดค่า 10 ตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved