รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานที่ปรึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ประจำสถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงวอชิงตัน

โครงการวิจัยเรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม

Development of Reduced Sodium Vienna Sausages

Principal Investigators:

Dr. Witoon Prinyawiwatkul, ATPAC (Agro-Industry Team) & Department of Food Science, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, USA

ผศ. ดร.สุจินดา ศรีวัฒนะ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU), Thailand

บทคัดย่อ

การทดแทนเกลือบริโภคด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับแตกต่างกันจะส่งผลต่อคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาในด้านความแข็ง (hardness) ค่าการยึดติด (adhesiveness) การยืดหยุ่น (springiness) การยึดเกาะ (cohesiveness) ความเหนียวเป็นยาง (gumminess) ความเหนียว (chewiness) และค่าความแน่นเนื้อ (firmness) และคะแนนความชอบของผู้บริโภคในด้านความชอบโดยรวมและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้เกลือโพแทสเซียมที่ระดับร้อยละ 50 และ 25 ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างกับไส้กรอกเวียนนาสูตรปกติ ($p \geq 0.05$) ในขณะที่ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้เกลือโพแทสเซียมที่ระดับร้อยละ 75 และ 100 นั้นผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะต่ำกว่าไส้กรอกเวียนนาสูตรปกติ จากการศึกษาพบว่า การใช้กรดอะมิโนแอล-อาร์จินีน และกรดอะมิโนไกลซีนสามารถที่จะบดบังรสขมที่เกิดขึ้นจากการทดแทนการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ได้ที่ระดับร้อยละ 75 ได้ ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียมที่ผ่านการพัฒนาแล้วนี้มีปริมาณโซเดียม 281 มิลลิกรัมต่อร้อยกรัมตัวอย่าง สามารถลดปริมาณโซเดียมลงได้ร้อยละ 50.66 จากสูตรเริ่มต้น โดยที่ลดการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ลงจากสูตรเริ่มต้นได้ถึงร้อยละ 78.57 ของปริมาณเกลือที่ใช้ในส่วนผสม จึงสามารถกล่าวอ้างตามกฎหมายได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ลดโซเดียม ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์เป็นไปตามตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไส้กรอกเวียนนา มาตรฐานเลขที่ มอก. 2300-2549 ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในด้านความชอบ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรสและเนื้อสัมผัส ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนี้มีระดับคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคซึ่งทำการทดสอบด้วยวิธี 9 - point hedonic scale ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลางในทุกคุณลักษณะ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง "การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม" นี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากสำนักงานที่ปรึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำสถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงวอชิงตัน คณะผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหน่วยการประเมินทางประสาทสัมผัสและการทดสอบผู้บริโภค ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ในการเตรียมตัวอย่างและทดสอบผู้บริโภค ขอขอบคุณผู้บริโภคทุกท่านที่ได้สละเวลาในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยในรายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ให้แก่ผู้สนใจ รวมทั้งสามารถนำผลงานวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

คณะผู้วิจัย

2556

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบาญตาราง	จ
สารบาญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่นำไปสู่การค้นคว้าวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ไส้กรอกเวียนนา	5
2.2 ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา	6
2.3 ส่วนผสมที่ใช้ทดแทนเกลือโซเดียมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกลดโซเดียม	10
2.4 แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม	14
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	18
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์	18
3.2 วิธีการทดลอง	20

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	27
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	48
5.2 ข้อเสนอแนะ	49
เอกสารอ้างอิง	
	52
ภาคผนวก	
ภาพดำเนินการทดลอง	
ประวัติคณะผู้วิจัย	

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	กระบวนการผลิตไส้กรอกเวียนนา	13
2.2	ปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	15
2.3	ปริมาณโซเดียมในส่วนผสมที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	16
2.4	งานวิจัยที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์	17
3.1	ส่วนผสมในการทำไส้กรอกเวียนนา	20
3.2	ปัจจัยที่ทำการผันแปรปริมาณในการศึกษาผลของการทดแทนเกลือบริโภคด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติของไส้กรอกเวียนนา	22
3.3	สิ่งทดลองทั้งหมดของการศึกษาผลของการทดแทนเกลือบริโภคด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติของไส้กรอกเวียนนา	22
3.4	สิ่งทดลองของการเปรียบเทียบการใช้ไกลซีน (glycine) และแอล-อาร์จินีน (L-arginine) ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติของไส้กรอกเวียนนา	24
3.5	สิ่งทดลองของการศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียม	25
4.1	ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาที่ทดแทนเกลือบริโภค (NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียม (KCl) ในระดับต่างๆ ด้วยเครื่อง Texture	27
4.2	คะแนนความชอบเฉลี่ย*ของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาทั้ง 5 สูตร (n=100)	28
4.3	สมการรีเกรสชัน (Regression equation) ของคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคในบางคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา	29

ตารางที่		หน้า

4.4	ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาที่เปรียบเทียบการใช้แอล-อาร์จินีน (L-arginine) และไกลซีน (glycine) ด้วยเครื่อง Texture analyzer	31
4.5	คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา (n=100) ที่ใช้แอล-อาร์จินีน (L-arginine) และไกลซีน (glycine) ค่า	32
4.6	คะแนนคุณภาพทางด้านกายภาพลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียมจากการทดลองแบบ Mixture design	34
4.7	ค่าคะแนนคุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียมจากการทดลองแบบ Mixture design	35
4.8	ค่าคะแนนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียมจากการทดลองแบบ Mixture design	36
4.9	สมการรีเกรสชัน (Regression equation) ของคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคในบางคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา	37
4.10	ส่วนผสมที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียม	44
4.11	ค่าคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียมเมื่อเทียบกับไส้กรอกเวียนนาสูตรปกติ	45
4.12	ค่าคุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม	46
4.13	ค่าคุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม	47

สารบาญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้างทางเคมีของไกลซีน	11
2.2	โครงสร้างทางเคมีของแอล-อาร์จินีน (L-arginine)	12
2.3	ขั้นตอนการทำไส้กรอกเวียนนา	21
4.1	กราฟค่าตอบสนองของคะแนนในแต่ละคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของไส้เวียนนาที่ทำการผันแปรเกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และไกลซีน	40
4.2	ช่วงระดับของเกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และไกลซีนที่เหมาะสม (พื้นที่สีเหลือง) ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียม	43

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่นำไปสู่การค้นคว้าวิจัย

เกลือบริโภคหรือเกลือโซเดียม (Sodium chloride, NaCl) ประกอบไปด้วยโซเดียมร้อยละ 39.3 และคลอไรด์ร้อยละ 60.7 ซึ่งโซเดียมมีบทบาทในระบบประสาทและกล้ามเนื้อของมนุษย์ แต่ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ อย่างไรก็ตามการได้รับโซเดียมในปริมาณที่มากเกินไปจะส่งผลทำให้ระดับความดันโลหิตในร่างกายสูงขึ้น (Gerhard, 2006) และเป็นปัจจัยเสี่ยงให้เกิดโรคหัวใจวายได้ (Tuomilehto *et al*., 2001) การปล่อยให้ความดันโลหิตขึ้นสูง อาจทำให้เป็น อัมพฤกษ์ อัมพาต หัวใจวาย และโรคไตวายได้โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน (สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2554) ทั้งนี้จำนวนผู้ป่วยที่เป็นโรคความดันโลหิตสูงทั่วโลกมีจำนวนถึง 1.5 พันล้านคน ในแต่ละปีจะมีผู้ป่วยที่เสียชีวิตเนื่องจากโรคความดันโลหิตสูงถึง 7 ล้านคน (World Hypertension League, 2009) เช่นกันกับจำนวนผู้ป่วยที่เป็นโรคความดันโลหิตสูงของไทยในปี พ.ศ. 2552 คิดเป็น ร้อยละ 21.4 หรือประมาณ 2 ล้านคน (สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2554) เมื่อพิจารณาปริมาณการบริโภคเกลือโซเดียมของประชาชนทั่วโลก พบว่ามีปริมาณการบริโภคเกลือโซเดียมสูงประมาณ 9-12 กรัม/วัน/คน และจากผลการสำรวจปริมาณการบริโภคเกลือโซเดียมของคนไทยในปี พ.ศ. 2552-2553 พบว่า คนไทยบริโภคเกลือโซเดียมถึง 10.8 กรัม/วัน/คน หรือเท่ากับ 2 ช้อนชาต่อวัน (สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2554) ปริมาณการบริโภคเกลือโซเดียมดังกล่าวนั้นสูง เมื่อเทียบกับปริมาณเกลือโซเดียมที่แนะนำให้บริโภคในแต่ละวัน โดยปริมาณเกลือสูงสุดที่องค์การอนามัยโลกแนะนำให้รับประทานคือไม่เกิน 5-6 กรัมต่อวัน หรือเพียง 1 ช้อนชาต่อวัน คิดเป็นปริมาณโซเดียมประมาณ 2,300 มิลลิกรัม (สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2554; World Health Organization and Food Standards Agency, 2010; World Hypertension League, 2009)

ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเนื้อสัตว์ชนิดหนึ่งซึ่งนิยมโภคกันมาก มีการเติบโตขึ้นประมาณ 10 % จากมูลค่าตลาดรวมประมาณ 34,000 ล้านบาท (ประชาชาติธุรกิจ, 2554) ชนิดของไส้กรอกที่เป็นที่นิยมในกลุ่มผู้บริโภคประเทศไทยได้แก่ ไส้กรอกเวียนนา ไส้กรอกค็อกเทล และไส้

กรอกฮอทด็อก ไส้กรอกเวียนนาเป็นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกบดละเอียด ที่ผลิตมาจากเนื้อสัตว์มีองค์ประกอบของไขมันไม่เกินร้อยละ 35 บรรจุในไส้ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3/4 นิ้ว และมีความยาว 4 – $5^{1}/2$ นิ้ว (เยาวลักษณ์, 2536) ซึ่งในกระบวนการผลิตไส้กรอกเวียนนานั้นจะใช้เกลือโซเดียมในการลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี (water activity,a_w) และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษา เพิ่มรสชาติ นอกจากนี้แล้วเกลือโซเดียมยังช่วยสกัดโปรตีนจากเนื้อสัตว์ (myosin) โดยใช้ร้อยละ 1.5-3.0 โดยน้ำหนัก (Pearson, 1999)

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541 ระบุว่าผลิตภัณฑ์ที่จะกล่าวอ้างได้ว่ามีการลดสารอาหารนั้น จะต้องสามารถทำการลดปริมาณสารอาหารนั้นๆได้อย่างน้อยร้อยละ 25 จากสูตรเดิม และสารให้รสเค็มที่นิยมนำมาใช้แทนเกลือโซเดียม คือเกลือโพแทสเซียม (potassium chloride, KCl) เนื่องมาจากลักษณะทางด้านเคมีของเกลือทั้งสองชนิดมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ไม่มีสี และไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขุ่น นอกจากนั้นยังมีขนาดอนุภาคที่ใกล้เคียงกัน แต่การใช้เกลือโพแทสเซียมปริมาณมาก จะทำให้เกิดรสขมหลังจากการบริโภค (Gerhard, 2006) และยังมีงานวิจัยที่มีการศึกษาการใช้กรดอะมิโนในการบดบังรสขมในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ (Ogawa *et al.*, 2004; Waimaleongora-Ek, 2006; Kilcast and Angus, 2007) แต่ยังไม่มีการศึกษาในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่สามารถลดปริมาณการใช้เกลือโซเดียมลงโดยการใช้เกลือโพแทสเซียมในการทดแทนร่วมกับการใช้กรดอะมิโนจึงนับว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีช่องทางจำหน่ายสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่เพิ่มมากขึ้นและผู้ที่ใส่ใจในสุขภาพทั่วไป นอกจากนั้นยังเป็นการช่วยลดภาระของรัฐบาลในการดูแลผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่อาจจะเพิ่มขึ้น ให้มีปริมาณผู้ที่เสี่ยงเป็นโรคความดันโลหิตสูงลดน้อยลงได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อให้ทราบผลของเกลือโพแทสเซียมที่ใช้ทดแทนเกลือโซเดียมต่อเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา

1.2.2 เพื่อให้ทราบผลของกรดอะมิโนที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม

1.2.3 เพื่อให้ได้สูตรและกรรมวิธีการผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม

1.2.4 เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบผลของเกลือโพแทสเซียมที่ใช้ทดแทนเกลือโซเดียมต่อเนื้อสัมผัสและรสชาติ ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา

1.3.2 ทราบผลของกรดอะมิโนที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม

1.3.3 ได้สูตรและกรรมวิธีการผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียมที่ผู้บริโภคยอมรับ

1.3.4 ผลการศึกษาสามารถนำใช้ในผลิตภัณฑ์เทียบเคียง

1.3.5 ลดภาระของรัฐบาลในการดูแลผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่อาจจะเพิ่มขึ้น ให้มีปริมาณผู้ที่เสี่ยงเป็นโรคความดันโลหิตสูงลดน้อยลงได้

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาชนิดของเกลือโพแทสเซียมและกรดอะมิโนที่ใช้ในการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกลือบริโภคเป็นส่วนผสมที่สำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์มีบทบาททำให้ปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำ ปรับปรุงคุณภาพในด้านสี กลิ่นรสและรสชาติ นอกจากนั้นยังเพิ่มประสิทธิภาพในการเกิดอิมัลชันของผลิตภัณฑ์ และยังช่วยลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี (water activity,a_w)ในผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บที่มากขึ้น (กมลวรรณ, 2550) การลดเกลือบริโภคลงจะส่งผลต่อคุณสมบัติของอิมัลซิไฟเออร์ในเนื้อสัตว์ ซึ่งโปรตีนที่สามารถละลายในน้ำเกลือได้มีคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์และมีความสำคัญต่อลักษณะทางเคมีกายภาพของกระบวนการผลิตเนื้อสัตว์แปรรูป ซึ่งการใช้เกลือผสมระหว่างเกลือโซเดียมและเกลือโพแทสเซียม (KCl)จะสามารถช่วยลดปริมาณโซเดียมที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เนื้อแปรรูป และยังไม่ส่งผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมากนัก นอกจากนั้นการเติมเกลือโพแทสเซียมยังมีบทบาทสำคัญในการลดอันตรายของผลกระทบของโซเดียมที่มีภาวะความดันโลหิตเนื่องจากโพแทสเซียมในเกลือโพแทสเซียม มีคุณสมบัติเป็น counter-ion ของโซเดียม(Ruusunen and Puolanne, 2005) และสาเหตุที่นิยมการใช้เกลือโพแทสเซียมทดแทนเกลือโซเดียม เนื่องมาจากลักษณะทางด้านเคมีของเกลือทั้งสองชนิดมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ไม่มีสี และไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขุ่น นอกจากนั้นยังมีขนาดอนุภาคที่ใกล้เคียงกัน แต่เกลือโพแทสเซียมนั้นหากใช้ในปริมาณมากจะทำให้เกิดรสขมหลังจากการบริโภค โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่จะรับรู้ได้ถึงรสขมเมื่อมีปริมาณของโพแทสเซียมประมาณ 3 กรัมต่อ 1 กิโลกรัมของผลิตภัณฑ์เนื้อ ซึ่งปริมาณของโพแทสเซียมดังกล่าวได้มาจากการใช้เกลือโพแทสเซียม ประมาณ 6 กรัมต่อ 1 กิโลกรัมของผลิตภัณฑ์เนื้อ(Gerhard, 2006) และจากการศึกษาทดลองการแทนที่เกลือโซเดียม ด้วยเกลือโพแทสเซียมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักพบว่าผู้บริโภคสามารถรับรู้ถึงรสขมได้ เมื่อใช้เกลือโพแทสเซียมทดแทนเกลือโซเดียมเป็นปริมาณร้อยละ 30 และผู้จะไม่ให้การยอมรับเมื่อใช้เกลือโพแทสเซียมทดแทนเกลือบริโภคเป็นปริมาณเกินกว่าร้อยละ 40 (Gou, 1996) จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีวิเคราะห์แบบพรรณนาเชิงปริมาณ ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักที่ใช้เกลือโพแทสเซียมทดแทนเกลือโซเดียม พบว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของเกลือโพแทสเซียม คุณลักษณะของไส้กรอกหมักยังมีคุณลักษณะเหมือนกันกับไส้กรอกหมักที่ไม่ได้ทำการทดแทนเกลือโซเดียม (Guardia, *et al.*, 2008)

เนื่องจากดังที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วว่าไส้กรอกเวียนนาเป็นหนึ่งในไส้กรอกที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค และยังไม่มีการศึกษาการทดแทนเกลือโซเดียมในผลิตภัณฑ์นี้ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการศึกษาการใช้เกลือโพแทสเซียมและกรดอะมิโนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลดเกลือที่ผู้บริโภคยอมรับ

2.1 ไส้กรอกเวียนนา

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา (vienna sausage)ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไส้กรอกเวียนนา มาตรฐานเลขที่ มอก. 2300-2549 หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อสัตว์และไขมัน เครื่องเทศ เครื่องปรุงรส และวัตถุเจือปนอาหารอื่น โดยการนำมาบดผสมกันอย่างละเอียดจนอยู่ในรูปอิมัลชันแล้วบรรจุในไส้เซลลูโลส ขนาดเบอร์ 15 ถึง 20 มัดเป็นปล้องๆ ยาวประมาณ 9 เซนติเมตร ถึง 11 เซนติเมตรอาจรมควันหรือโดยวิธีอื่นที่เทียบเท่า แล้วทำให้สุกโดยมีอุณหภูมิภายในไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) ในปัจจุบันคงปฏิเสธไม่ได้ว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหรือฮอตดอกจัดเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมในทั่วโลก ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมาตั้งแต่สมัยโบราณ คำว่า ไส้กรอก (sausage) มีรากศัพท์จากภาษาลาตินที่ว่า “Salsus” หมายถึง เนื้อสัตว์ที่มีการเก็บรักษาด้วยเกลือ ในสมัยก่อนส่วนผสมของไส้กรอกจะถูกบรรจุไว้ในลำไส้ของสัตว์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอก (cylindrical shape) (เยาวลักษณ์, 2536) ในส่วนของไส้กรอกเวียนนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีต้นกำเนิดจากประเทศทางยุโรป เป็นไส้กรอกประเภทอิมัลชัน มีชื่อเรียกต่างกันตามแหล่งผลิตครั้งแรก เช่น ไส้กรอกเวียนนา ต้นกำเนิดที่เมืองเวียนนา ประเทศออสเตรีย

หากจะจำแนกประเภทของไส้กรอกเวียนนาตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ในความแตกต่างของส่วนผสม และ สารปรุงแต่ง พบว่า ไส้กรอกเวียนนาจัดเป็นไส้กรอกรมควันสุกเป็นไส้กรอกที่ผลิตจากเนื้อชนิดเดียวกัน หรือหลายชนิด มีส่วนผสมของไขมันนำมาบดละเอียดบรรจุในไส้ไส้กรอกที่ได้จะผ่านการรมควันก่อนการทำให้สุก หรือหลังจากไส้กรอกสุกแล้ว ไส้กรอกประเภทนี้สามารถรับประทานได้ทันที ตัวอย่างไส้กรอกประเภทนี้นอกเหนือจากไส้กรอกเวียนนา เช่น แฟรงค์เฟอร์เตอร์ (Frankfurter) ไส้กรอกกระเทียม (Knoblauch) หรือ แนกเวอร์สท (Knackwurst) โบโลญา (Bologna) และเบอร์ลินเนอร์ (Berliner) เป็นต้น (เยาวลักษณ์, 2536; กมลวรรณ, 2550) หากแบ่งตามลักษณะของเนื้อสัมผัส ไส้กรอกเวียนนาจัดเป็นไส้กรอกบดละเอียดหรือไส้กรอกอิมัลชัน (emulsion sausage)

อิมัลชันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาจะเป็นการผสมและอยู่รวมกันของของเหลว 2 ชนิดซึ่งไม่รวมตัวกัน ซึ่งเป็นอิมัลชันน้ำมันในน้ำ (oil in water , O/W) โดย disperse phase คือ ไขมันและ continuous phase คือ น้ำ การที่อิมัลชันมีความคงตัวอยู่ได้ เนื่องจากมีโปรตีนไมโอซินที่ถูกสกัดออกมานั้นเป็นตัวเชื่อม ซึ่งจะเป็นพวก emulsifying agent , surface active agent โดยโมเลกุลของสารเหล่านี้ประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic portion) ซึ่งจับกับน้ำและส่วนที่ชอบไขมัน (lipophilic portion) ซึ่งจับกับไขมัน (Birch และคณะ , 1973) เมื่อโปรตีนถูกสกัดและละลายออกมามากพอแล้ว ก็จะทำให้อิมัลชันมีความคงทนมากขึ้น ซึ่งโปรตีนไมโอซินและแอกตินในเนื้อจะมีคุณสมบัติละลายได้ในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 3 ดังนั้นการผสมเกลือเข้าไปในส่วยผสมขั้นตอนแรก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะบดหยาบจึง เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมทำในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อแปรรูปที่มีลักษณะเป็นอิมัลชัน

ไส้กรอกเวียนนาจะมีความแตกต่างกันของส่วนผสมในแต่ละท้องถิ่นอาจทำจากเนื้อสัตว์ชนิดเดียวกัน หรือจากเนื้อสัตว์หลายชนิด โดยมีส่วนผสมของเนื้อสัตว์ประมาณร้อยละ 40 – 45 ไขมันร้อยละ 24 – 28 น้ำแข็งหรือน้ำร้อยละ 22 – 26 และมีการเติมส่วนผสมอื่น ๆ อีกได้แก่ ฟอสเฟต เกลือ ไนไตรท์ สารให้สี และเครื่องเทศ นอกจากนั้นยังอาจมีการเติมแป้ง หรือธัญพืชเพื่อใช้เป็นตัวผสานของส่วนผสมทั้งหมดให้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อผสมส่วนผสมทั้งหมดจนมีเนื้อเป็นมวลเหนียว (อิมัลชัน) ส่วนผสมที่ได้จะถูกบรรจุในไส้ธรรมชาติ หรือไส้สังเคราะห์ที่สามารถรับประทานได้ ไส้กรอกที่ได้จะผ่านกระบวนการทำให้เกิดสี การรมควัน และการอบแห้ง จากนั้นไส้กรอกจะถูกทำให้สุกด้วยไอน้ำ หรือน้ำร้อน จากนั้นไส้กรอกจะถูกทำให้เย็นโดยเร็วและถูกเก็บไว้ในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ

2.2 ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา

เนื้อ (meat)

เนื้อสัตว์ (meat) หมายถึง เนื้อจากกล้ามเนื้อโครงร่าง (skeletal muscle) ของโค กระบือ สุกร หรือไก่ที่ปราศจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ สิ่งแปลกปลอม และเหมาะสำหรับเป็นอาหารบริโภค ได้ โดยในงานวิจัยนี้จะใช้เนื้อหมูเป็นส่วนของเนื้อสัตว์ทั้งหมด เนื้อหมู (pork) หมายถึง เนื้อเยื่อจากซากสุกรซึ่งสามารถใช้บริโภคเป็นอาหารได้ โดยมีกล้ามเนื้อลาย (skeletal muscle) จากสุกรเป็นส่วนประกอบที่มีอยู่ในปริมาณสูงสุด อาจผ่านกระบวนการแช่เย็น แต่ยังไม่ได้ถูกกระทำใดๆ อย่างอื่นเพื่อวัตถุประสงค์ในการถนอมอาหาร ในการทำไส้กรอกควรเลือกเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีเพราะจะส่งผลต่อคุณภาพของไส้กรอกนั้นดีด้วย หน้าที่ของเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกคือ

- เนื้อสัตว์นั้นจะช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) เนื่องจากโปรตีนจะจับเป็นก้อน (coagulate) เมื่อถูกความร้อนเป็นลักษณะกึ่งแข็ง (semi-solid) และโปรตีนจะทำหน้าที่ห่อหุ้มไขมันและตรึงน้ำในส่วนผสมไม่ให้แยกออกจากกันทั้งก่อนและหลังการให้ความร้อน ซึ่งเป็นลักษณะเนื้อที่สำคัญของไส้กรอกบางชนิด

- เนื้อสัตว์จะมีโปรตีนประมาณร้อยละ 18 – 20 และจัดเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จะเป็นต่อร่างกายครบถ้วน

- โปรตีนของเนื้อสัตว์มี ไมโอโกลบิน (myoglobin) ซึ่งเป็นสารให้สีแดงในเนื้อสัตว์ จะเป็นตัวให้สีที่สำคัญของไส้กรอก

ไขมัน (fat)

ไขมันที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกเวียนนาสามารถใช้ไขมันพืชและสัตว์ การใช้ไขมันจะช่วยทำให้ไส้กรอกมีลักษณะ กลิ่น สี โดยทำให้ไส้กรอกมีความนุ่ม ความฉ่ำ และรสชาติที่ดี ซึ่งไขมันจัดเป็นส่วนผสมที่ช่วยลดต้นทุนการผลิต สำหรับไขมันที่ได้จากส่วนอกและส่วนหลังของสัตว์ ถือว่าเป็นไขมันส่วนที่ดีที่สุดในการทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

น้ำแข็ง (ice)

น้ำแข็งใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการสับนวด ทำให้เกลือและส่วนผสมอื่นๆ ละลายและกระจายตัวได้ดี น้ำแข็งจัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อดี ชุ่มฉ่ำและนุ่ม ทำให้อิมัลชันคงตัวดีช่วยให้การบรรจุง่าย และน้ำแข็งจะช่วยทดแทนการสูญเสียน้ำระหว่างการผลิตและการให้ความร้อน

โปรตีนถั่วเหลือง (soy protein)

โปรตีนถั่วเหลือง เป็นโปรตีนที่สกัดจากถั่วเหลือง (soybean) ซึ่งเป็นโปรตีนที่สกัดได้จากพืช (plant extract protein) จะประกอบด้วยโปรตีนถึงร้อยละ 90 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมีการนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหารหลายชนิดเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และเพื่อการใช้ประโยชน์เชิงหน้าที่ของโปรตีน (functional properties of protein) ซึ่งในไส้กรอกโปรตีนถั่วเหลืองจัดว่าเป็นไบน์เดอร์ (binder) หรือสิ่งที่ผสมในไส้กรอกชนิดหนึ่ง เพื่อช่วยปรับปรุงเนื้อของไส้กรอก ซึ่งจะช่วยในการจับและยึดเกาะน้ำเพื่อให้เกิดอิมัลชันกับไขมัน ลดการสูญเสียความชื้นขณะทำให้สุก ช่วยไม่ให้ผลิตภัณฑ์เสียน้ำหนัก และทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อ สี รสชาติดีขึ้น ทั้งนี้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนานั้นกำหนดให้ไบน์เดอร์ ใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก สำหรับ

โปรตีนนมและโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต ยกเว้นโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น ใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 3.5 โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549)

โซเดียมอีริโธรเบท (sodium erythorbate)

โซเดียมอีริโธรเบท มีสูตรโมเลกุลคือ $C_6H_7NaO_6$ เป็นสารอนุพันธ์ของวิตามินซี โดยมีฤทธิ์น้อยกว่าวิตามินซี 20 เท่า โซเดียมอีริโธรเบทมีสูตรโครงสร้างต่างจากวิตามินซี และได้มาจากกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนของ Ca-2-keto-d-gluconate โซเดียมอีริโธรเบททำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาของไนไตรท์ให้ทำงานเร็วขึ้น ทำให้สีที่เกิดจากไนไทรต์อยู่คงตัวนานขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งการเกิดสารก่อมะเร็งจากไนโตรซามีนอีกด้วย

โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (sodium tripolyphosphate)

โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต STPP (sodium tripolyphosphate) เป็นสารในกลุ่มฟอสเฟตที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ หน้าที่สำคัญคือเพิ่มความแข็งแรงของ meat emulsion power นอกจากนี้ยังชวยป้องกันการไม่ให้สูญเสียส่วนของของเหลวในเนื้อมากเกินไปในช่วงการทาให้สุก STPP เป็น alkaline phosphate salt เมื่อเติมลงไปในผลิตภัณฑ์เนื้อจะทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยจะทำปฏิกิริยากับแอคโตไมโอซิน ทำให้แตกตัวเป็นแอคติน และไมโอซินช่วยในการอุ้มน้ำของเนื้อได้ อีกทั้งจะช่วยลดปฏิกิริยาการเหม็นหืน (เยาวลักษณ์, 2536) ตามพระราชบัญญัติอาหาร กระทรวงสาธารณสุขกำหนดให้ใช้สารฟอสเฟตได้ไม่เกินร้อยละ 0.3

เกลือโซเดียม (salt)

โซเดียมคลอไรด์มีสูตรทางเคมีคือ “NaCI” มีชื่อสามัญว่า “เกลือแกง” มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว และมีรสเค็ม การผลิตเกลือของประเทศไทย แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เกลือทะเลหรือเกลือสมุทรและเกลือหินหรือเกลือสินเธาว์ ในเกลือโซเดียมจะมีโซเดียมเป็นส่วนประกอบร้อยละ 40 (สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2554) ซึ่งโซเดียมเป็นเกลือแร่ที่จำเป็นต่อร่างกาย มีหน้าที่ควบคุมความดันออสโมติก (Osmotic pressure) คือ แรงดันของของเหลวที่ไหลเข้าออกระหว่างภายนอกกับภายในเซลล์ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ เพื่อรักษาปริมาตรของน้ำนอกเซลล์และช่วยในการรักษาความเป็นกรดด่างของร่างกาย ช่วยในการนำกระแสไฟฟ้าของเส้นประสาทและกล้ามเนื้อ ช่วยในการนำกลูโคสและกรดอะมิโนเข้าสู่เซลล์

ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา เกลือโซเดียมมีหน้าที่เป็นตัวเสริมกลิ่นรส และรสชาติของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้มีรสชาติดีขึ้น การใช้เกลือร่วมกับฟอสเฟตสามารถละลายโปรตีนใน

โครงสร้างของเนื้อสัตว์และมีส่วนช่วยในการยึดเกาะโมเลกุลขนาดใหญ่ของน้ำในส่วนผสม ซึ่งโปรตีนที่ละลายได้ยังมีความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของไขมันในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ โดยเกลือที่เติมลงไปจะมีผลเข้าทำปฏิกิริยาระหว่างแอคตินและไมโอซิน นอกจากนี้เกลือมีผลต่อการลดน้ำในผลิตภัณฑ์ และทำให้แรงดันออสโมติค (osmotic pressure) ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป ทำให้ค่า water activity (a_w) ลดลง จึงมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และป้องกันการเน่าเสีย อีกทั้งการเติมเกลือลงไปในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดแกรมบวกมากกว่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดแกรมลบ ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดแกรมลบบางชนิดเป็นโทษต่อผู้บริโภคหรือส่งผลให้อาหารเน่าเสียเช่น *Salmonella* spp. และ *Escherichia coli*

โซเดียมไนไตรท์ (sodium nitrite)

โซเดียมไนไตรท์ สูตรโครงสร้างทางเคมี คือ $NaNO_3$ ไนไตรท์จะถูกรีดิวส์มาจาก เกลือไนเตรต (nitrate, NO3) จัดเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) ในกลุ่มสารกันเสีย (preservative) การใช้โซเดียมไนไตรท์ เพื่อเป็นสารป้องกันการหืน (antioxidant) และยังยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* และช่วยให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีสีชมพูอมแดง สีเกิดจากการรวมตัวของไนไตรท์กับเม็ดสีในเลือด คือ ไมโอโกลบิน (myoglobin) เป็นไนโตรโซฮีโมโครม (nitrosohemochrome) ซึ่งเมื่อถูกความร้อนจะเปลี่ยนเป็น globin introso hemochrome ซึ่งเป็นสีชมพู สวยน่ารับประทาน และสีดังกล่าวมีความคงตัว การใช้ไนเทรตและไนไตรท์จะต้องคำนึงถึงปริมาณของอนุมูลไนไตรท์ที่จะตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ด้วย เนื่องจากไนไตรท์จะสามารถรวมตัวกับสารประกอบเอมีน (amine) เกิดเป็นสารประกอบไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์ทดลองหลายชนิด (เรณูและคณะ, 2543) โดยทั่วไปแล้วปริมาณสารไนไตรท์ที่ใส่ลงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอยู่ที่ระดับ 100-300 ส่วนใน ล้านส่วน (Hautzinger, 1999) แต่ปริมาณสารไนไตรท์ที่ใส่ลงในอาหารซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าปลอดภัยไม่ควรเกิน 120 ส่วนในล้านส่วน (เรณูและคณะ, 2543)

เครื่องเทศ (spices)

เครื่องเทศใช้เป็นสารให้กลิ่นรสและยังช่วยชูรสได้ นอกจากนั้นเครื่องเทศบางชนิดยังช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ด้วย อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เครื่องเทศในปริมาณปกติในการปรุงอาหาร จะไม่มีฤทธิ์ป้องกันจุลินทรีย์อย่างเห็นได้ชัด แต่อาจช่วยเสริมฤทธิ์สารอื่น ป้องกันการ

เจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหารได้ ฤทธิ์ดังกล่าวอาจมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิด ความสด และลักษณะทางกายภาพของเครื่องเทศ

ไส้'(casing)

ไส้ที่ใช้ในการทำไส้กรอกแบ่งได้เป็นไส้เทียม (artificial casing) และไส้ธรรมชาติ (Natural casing) ไส้เทียมนิยมใช้ในโรงงานขนาดใหญ่เนื่องจากการผลิตได้ปริมาณมาก ราคาถูก มีเส้นผ่านศูนย์กลางให้เลือกได้ตามต้องการ ขนาดสม่ำเสมอ เก็บรักษาได้ง่าย มีอยู่ 2 แบบคือ ไส้เทียมที่รับประทานได้ (edible artificial casing) ทำจากสัตว์ส่วนคอเรียมของลำไส้ โดยสกัดด้วยสารละลายด่างและล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับกรดให้เกิดการพองตัว และเหลวข้นเป็นเนื้อเดียวกัน จึงนำเข้าแบบผ่านเบสทำให้แห้งใช้มากกับไส้ที่มีขนาดเล็กและไส้เทียมที่ทานไม่ได้ (inedible artificial casing) ทำจากเซลลูโลสที่สกัดได้มากจากเมล็ดฝ้าย ทำจากคอลลาเจนที่บริโภคไม่ได้ และทาจากพลาสติก ส่วนไส้ธรรมชาติได้มาจากไส้หมู ไส้แกะ ไส้วัว ไส้ประเภทนี้จะมีขนาดไม่สม่ำเสมอ เปื่อยง่าย ฉีกขาดง่าย เก็บรักษายาก ราคาแพง ไส้กรอกที่ใช้ไส้ประเภทนี้จะมีรสชาติอร่อย กรอบ และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ

2.3 ส่วนผสมที่ใช้ทดแทนเกลือโซเดียมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกลดโซเดียม

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสารที่จะนำมาใช้ในการทดแทนเกลือโซเดียม 3 ชนิดคือ เกลือโพแทสเซียม กรดอะมิโนไกลซีน และกรดอะมิโนแอล-อาร์จีนีน

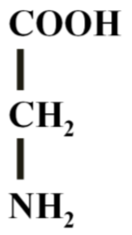
เกลือโพแทสเซียม (Potassium chloride, KCl)

เกลือโพแทสเซียม เป็นสารให้รสเค็มที่นิยมนำมาทดแทนเกลือโซเดียมในผลิตภัณฑ์ลดเกลือโซเดียม เนื่องจากลักษณะทางด้านเคมีของเกลือทั้งสองชนิดมีลักษณะใกล้เคียงกัน ไม่มีสี ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขุ่น และมีขนาดอนุภาคใกล้เคียงกัน แต่การเติมเกลือ KCl ในปริมาณที่มากจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสขม หากใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จะทำให้เนื้อสัมผัสด้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้เกลือ NaCl เกลือโพแทสเซียมนิยมนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เกลือลดโซเดียมเชิงการค้า เช่น Pansalt® เกลือชนิดนี้จะลดโซเดียมลงครึ่งหนึ่งโดยใช้เกลือโพแทสเซียม แมกนีเซียมซัลเฟต และกรดอะมิโน L-lysine hydrochloride เพื่อช่วยในการเสริมรสเค็ม บดบังรสขม และช่วยในการขับโซเดียมออกจากร่างกายด้วย โดยเกลือที่ผลิตเชิงการค้าส่วนใหญ่จะใช้โพแทสเซียมร่วมกับโซเดียม ได้แก่เกลือ Lo® salt, Saxa So-low, salt Morton Lite Salt® (Desmond, 2006) และ ผลิตภัณฑ์เกลือบริโภคเสริม

ไอโอดีน สูตรลดโซเดียม 60% ตราเลสโซ พัฒนาคิดค้นโดยสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ร่วมกับบริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด (บริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด, 2553)

กรดอะมิโนไกลซีน (Glycine)

ไกลซีน หรือ Aminoacetic Acid หรือ Glycocoll [INS : 640, CAS : 56-40-6] เป็นกรดอะมิโนที่มีขนาดเล็กที่สุดในบรรดากรดอะมิโน 20 ตัว ที่พบได้ในโปรตีน มีลักษณะเป็นผลึกแข็ง เป็นสารไม่มีสี อยู่ได้ทั้งในสภาวะที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ เพราะในโมเลกุลมีไฮโดรเจนเป็นโซ่ข้าง 2 ตัว ให้รสหวาน จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารละลายไกลซีนด้วยผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝน พบว่า ไกลซีนให้รสหวานและรสอูมามิ (umami) เมื่อใช้ในระดับที่สูง (Kawai and Hayakawa, 2005; Kawai *et al.*, 2009) ไกลซีนมีสูตรโครงสร้างทางเคมี คือ NH_2CH_2COOH ดังภาพที่ 2.1

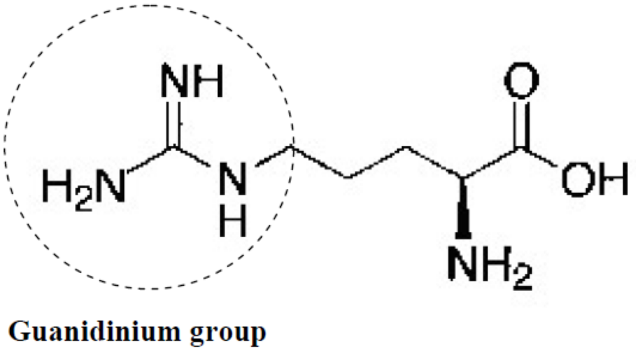


ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของไกลซีน
ที่มา : Fennema (1996)

ไกลซีนเป็นสารที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ที่มีการทดแทนเกลือ NaCl (Gou *et al.*, 1996) เพราะมีคุณสมบัติในการเสริมรสเค็มในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหลายชนิด (Gou *et al.*, 1996; Gelabert *et al.*, 2002) Gou *et al.* (1996) ได้ศึกษาการทดแทนเกลือ NaCl ด้วยไกลซีนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก พบว่า การทดแทนเกลือ NaCl ด้วยไกลซีนที่ระดับร้อยละ 30 ทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักเกิดรสหวานเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และยังทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างจากสูตรควบคุม และการใช้ไกลซีนที่ระดับร้อยละ 20 พบว่า ไส้กรอกหมักมีรสเปรี้ยว และรสเค็มลดลงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ($p<0.05$) ส่วนการใช้ไกลซีนร้อยละ 20 ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก พบว่า ไกลซีนเป็นตัวเสริมรสเค็มในผลิตภัณฑ์ (Kilcast and Angus, 2007)

กรดอะมิโนแอล-อาร์จีนีน (L-arginine)

แอล-อาร์จินีน เป็นกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid) ที่ร่างกายต้องการ ซึ่งร่างกายสามารถสร้างเองได้ แอล-อาร์จินีนให้รสอูมามิ รสหวาน (Kawai and Hayakawa, 2005; Kawai *et al*., 2009) และทำให้รสเค็มลดลงเล็กน้อย อีกทั้งยังทำให้รสขมลดลงเช่นกัน (Ogawa *et al*., 2004) แอล-อาร์จินีน มีสูตรโครงสร้างทางเคมี คือ $C_6H_{14}N_4O_2$ ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของแอล-อาร์จินีน (L-arginine)
ที่มา : Waimaleongora-Ek (2006)

แอล-อาร์จินีนมีสมบัติในการบดบังรสขม และกลิ่นรสโลหะของเกลือ KCl ที่ใช้ทดแทนเกลือ NaCl จากการศึกษา Waimaleongora-Ek (2006) ได้ทำการศึกษาการใช้เกลือ KCl ร้อยละ 70 เกลือ NaCl ร้อยละ 20 ร่วมกับแอล-อาร์จินีนร้อยละ 10 ในสารละลาย พบว่าผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างของรสขมของสารละลายที่ใช้เกลือ KCl ทดแทนเกลือ NaCl ได้ นอกจากนั้นแล้วการเติมแอล-อาร์จินีนลงในผลิตภัณฑ์อาหารหรือเครื่องดื่มที่ลดการใช้เกลือ NaCl พบว่า แอล-อาร์จินีนสามารถเสริมรสเค็มในผลิตภัณฑ์บางชนิด และยังสามารถเสริมกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารหรือเครื่องดื่มได้ (Kilcast and Angus, 2007)

2.4 กระบวนการผลิตไส้กรอก

สำหรับกระบวนการในการผลิตไส้กรอกนั้นจะมีการประยุกต์วิธีการถนอมอาหารหลายวิธีรวมกัน ได้แก่ การใช้สารเคมี การใช้ความร้อน การอบแห้ง และการแช่เย็น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกในปัจจุบันนั้นมาให้เลือกบริโภคอย่างหลากหลาย โดยทั่วไปในการทำไส้กรอกเวียนนา

ส่วนผสมทั้งหมดจะต้องผ่านการสับละเอียดจนอยู่ในสภาพที่เป็นมวลเหนียว (emulsion) รายละเอียดของขั้นตอนแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 กระบวนการผลิตไส้กรอกเวียนนา

ขั้นตอนการผลิต	**รายละเอียด/วัตถุประสงค์**
1. การเตรียมวัตถุดิบ ชั่งน้ำหนักส่วนผสมต่างๆ	
2. การบดเนื้อและไขมัน	เพื่อลดขนาดของเนื้อ สำหรับทำการหมักเนื้อและไขมันด้วยเกลือและโซเดียมไนไตรท์ คลุกให้เข้ากัน บรรจุลงในภาชนะแล้วปิดฝาเก็บในห้องเย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. การสับผสม	นำเนื้อหมูที่ผ่านการบดและหมักแล้วใส่ลงในเครื่องสับผสมที่หล่อเย็นแล้ว
4. การบรรจุไส้	นำส่วนผสมที่เป็นอิมัลชันแล้วมาบรรจุลงในกระบอกบรรจุไส้ (stuffer) นำไส้สวมเข้ากับปลายกระบอกกรวย การบรรจุที่ดีควรมีการไล่อากาศขณะบรรจุ เพื่อทาให้ไส้กรอกแน่นปราศจากอากาศ เครื่องบรรจุไส้กรอกมีทั้งแบบชนิดใช้เชือก สาหรับไส้กรอกขนาดเล็ก และคลิบโลหะสาหรับไส้กรอกขนาดใหญ่
5. การมัดไส้กรอก	สามารถใช้เครื่องมือหรือมือมัดเป็นปล้อง
6.การรมควัน	แขวนไส้กรอกบนราวในตู้รมควัน ไม่ควรวางไส้กรอกซ้อนทับกัน เพราะจะทำให้ผิวของไส้กรอกสีไม่สม่ำเสมอ ให้ความร้อนจากด้านล่าง ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาที จนผิวด้านนอกของไส้กรอกแห้งหมาดๆ เริ่มรมควันโดยใช้วัสดุให้ควันเช่น ขี้เลื่อย แกลบ กาบมะพร้าว เป็นต้น วางบนตะแกรงเหนือเตาไฟรมควันนานประมาณ 1 ชั่วโมง จนผิวนอกของไส้กรอกเป็นสีเหลือง

ตารางที่ 2.1 กระบวนการผลิตไส้กรอกเวียนนา (ต่อ)

ขั้นตอนการผลิต	รายละเอียด/วัตถุประสงค์
7. การทำให้สุก	ภายหลังการรมควันได้ที่แล้วต้องนำไปต้มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 – 25 นาที เพื่อทาลายจุลินทรีย์บางส่วนที่เหลืออยู่ซึ่งเป็นสาเหตุให้ไส้กรอกเน่าเสียและเพื่อทาให้ผิวด้านนอกของไส้กรอกเรียบตึง
8. การทำให้เย็น	เป็นการลดความร้อนที่สะสมภายในชิ้นไส้กรอก และทำให้เนื้อภายนอกหดอย่างรวดเร็ว ช่วยให้การลอกเปลือกง่าย น้ำที่ใช้แช่เย็นต้องเป็นน้ำที่สะอาด
9. การบรรจุในบรรจุภัณฑ์	ห้องบรรจุไส้กรอกควรเป็นห้องปรับอากาศ เพื่อควบคุมคุณภาพและสุขอนามัย นำไส้กรอกมาชั่งน้ำหนัก บรรจุถุงพลาสติกปิดสนิทแบบสุญญากาศ และนำมาเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น เพื่อรอการจำหน่ายต่อไป

ที่มา : ลักขณา (2540ข)

2.5 แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น การบริโภคอาหารที่มีเกลือโซเดียมสูงนั้นทำให้เสี่ยงต่อโรคความดันโลหิตสูง ซึ่งในระยะแรกจะไม่แสดงอาการ แต่จะทำลายอวัยวะต่างๆ ไปเรื่อยๆ และมีภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรงทางสมอง หัวใจ ตับ และไต ถ้ารุนแรงสามารถเป็นอัมพฤกษ์ อัมพาตได้ ซึ่งทั่วโลกต่างให้ความสนใจเกี่ยวกับปริมาณของโซเดียมในอาหารโดย British Dietetic Association ได้จัดแบ่งประเภทของอาหารตามปริมาณเกลือโซเดียมที่มีอยู่ในอาหารคือ อาหารที่มีปริมาณเกลือโซเดียมสูงคืออาหารที่มีเกลือโซเดียมมากกว่า 1.5 กรัม (600 มิลลิกรัมของโซเดียม) ต่อ 100 กรัมของอาหาร, อาหารที่มีปริมาณเกลือโซเดียมปานกลางคือ อาหารที่มีเกลือโซเดียมอยู่ในช่วง 0.3-1.5 กรัม (120-600 มิลลิกรัมของโซเดียม) ต่อ 100 กรัมของอาหารและอาหารที่มีปริมาณเกลือโซเดียมต่ำคือ อาหารที่มีเกลือโซเดียมน้อยกว่า 0.3 กรัม (120 มิลลิกรัมของโซเดียม) ต่อ 100 กรัมของอาหาร นอกจากนี้ยังมีการศึกษาหาปริมาณของโซเดียมในอาหารต่างๆ โดยตัวอย่างของปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ดังตารางที่ 2.2 และปริมาณโซเดียมในส่วนผสมดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 ปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

ชนิดของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	ปริมาณของโซเดียม (มิลลิกรัม/100 กรัม)	ปริมาณเทียบเท่าเกลือ (กรัม/100 กรัม)
Bacon	632 - 1028	1.58 - 2.60
Dry Cured Ham	1918 - 1978	4.78 – 4.95
Cooked Ham	1282 - 1360	3.21 – 3.40
Canned Ham	600	1.50
Canned Corned Meat	880	2.20
Pork Sausage	696	1.74
Beef Sausage	366	0.92
Lamb Sausage	696	1.74
Fresh Beef Hamburger Patties	794	1.99
Frozen Beef Hamburger Patties	576 - 643	1.44 – 1.61
Salami	1469 – 164	0 3.67 - 4.10
Frozen Chicken Nuggets	365 - 609	0.91 – 1.52
Vienna Sausage	746 - 1215	1.87 – 3.04
Canned Vienna	600	1.50
Polony	920 - 1100	2.30 – 2.75
Liverspread	925 – 1020	2.31 – 2.55
Russian Sausage	762 - 982	1.91 – 2.46

ที่มา : Hugo (2012)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณโซเดียมในส่วนผสมที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

ส่วนผสมที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	ปริมาณโซเดียม (ร้อยละ)
Salt	39.30
Fresh Beef, Pork & Chicken (50 – 70 mg/100 g)	0.05 – 0.07
Mechanically Deboned Meat (MDM)	0.05 - 0.25
Sodium Tripolyphosphate	31.20
Sodium Nitrate	27.10
Monosodium Glutamate (MSG)	13.60
Sodium Metabisulphite	23.94
Sodium Lactate	0.24
Sodium Citrate	26.72
HVP	18.00
Soya Protein Isolate	1.20 – 1.55
Sodium Caseinate	1.45
Xanthan	1.94

ที่มา : Hugo (2012)

นอกจากนี้ทั่วโลกต่างให้ความสนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลดโซเดียม โดยในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 งานวิจัยที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์

ชนิดของผลิตภัณฑ์	**ส่วนประกอบ**	**ปริมาณโซเดียมที่ลดลง**	**รายงานการวิจัย**
Chicken nuggets	KCl, citric acid, tartaric acid, sucrose, apple pulp (8–12 g/100 g)	40%	Verma, Sharma and Banerjee (2010)
Meat emulsion-type model	NaCl (0.5%), edible seaweeds (Sea spaghetti,Wakame, Nori)	75%	Lopez-Lopez, Cofrades, Ruiz-Capillas and Jimenez-Colmenero (2009)
Cooked pork	K-lactate, Na-diacetate (Purasal®Opti.Form PD4), phosphate	20–40%	Devlieghere, Vermeiren, Bontenbal,
Cured loins	NaCl (45–75%), KCl (25–50%), Ca2Cl(15–20%), Mg2Cl (5–10%)	25–55%	Lamers and Debevere (2009) Alino, Grau, Baigts and Barat (2009)
Dry cured loins	KCl, K-lactate	40%	Gou, Guerrero, Gelabert and Arnau (1996)
Bologna-type phosphate-free sausages	1.2–1.3% NaCl and 0.22–0.35% sodium citrate,or 0.2–0.5% carrageenan or 0.0–0.25%carboxymethylcellulose	20–25%	Ruusunen et al. (2003)
Frankfurter	Transglutaminase, caseinate, KCl and fiber	85–90%	Colmenero, Ayo and Carballo (2005)
Fermented sausages	NaCL (50%), KCl (50%) or KCl (40%)+K-lactate (10%)	50%	Guardia, Guerrero, Gelabert, Gou and Arnau (2006)
Frankfurters	NaCl (0.5%), KCl (0.5%) edible seaweeds, algae oil (olive oil)	50–75%	Lopez-Lopez, Cofrades and Jimenez-Colmenero (2009)

ที่มา : Weiss et al. (2010)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกเวียนนาสูตรลดโซเดียม

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

- ไกลซีน (glycine) จาก บริษัท ฟู้ดส์ฟิลด์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด, ประเทศไทย
- ไส้เซลลูโลส จากร้านปิ่นทิพย์, ประเทศไทย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตและวิเคราะห์คุณภาพของไส้กรอกเวียนนา

- ห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
- เครื่องสับผสม (Meissner Gmbh. & CO. KG., RS. 20, Germany)
- เครื่องอัดไส้กรอก (Stuffer)
- ตู้อบลมร้อน (Navaloy co., LTD., 464 CHMU,Thailand)
- ชุดเครื่องแก้ว
- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA.XT2 Texture analyzer, Stable Micro System, UK)
- เครื่องวัดสี (Chroma meter model CR-400, Konica Minolta, Japan)
- เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ(a_w) Aqualab LITE (DECAGON, USA)
- เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) (OAKTON, China)
- ถ้วยพลาสติกและอุปกรณ์ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

การประมวลผลทางสถิติ

- เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft office
- โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3.2 วิธีการทดลอง

วิธีการทดลอง แบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาผลของการทดแทนเกลือบริโภค (NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียม (KCl) ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติของไส้กรอกเวียนนา

ศึกษาผลการทดแทนเกลือโซเดียมด้วยเกลือโพแทสเซียมในสูตรการผลิตไส้กรอกเวียนนา โดยใช้ส่วนผสม และ กรรมวิธีในการผลิตไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ในการทดลองปรับปรุงมาจากการผลิตไส้กรอกเวียนนาของกรมปศุสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2546) ซึ่งมีส่วนผสมดังตารางที่ 3.1 และขั้นตอนดังภาพที่ 3.1 วางแผนการทดลองแบบ Mixture design แบบ D – optimal ด้วย ทำการผันแปรปริมาณของเกลือโซเดียมและโพแทสเซียม ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมในการทำไส้กรอกเวียนนา

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[x]	0.20
โซเดียมไนไตรท (sodium nitrite)	0.01

ที่มา : กรมปศุสัตว์, 2546

[x] 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

คลุกเนื้อหัวไหล่หมูบด

ด้วยส่วนผสมของเกลือโซเดียมกับโซเดียมไนไตรทอัตรา 9 : 1 (NaCl : $NaNO_2$)

แช่เย็นที่ 4 °C นาน 24 hr.

↓

คลุกมันหมูบด กับ เกลือในส่วนที่เหลือ

แช่เย็นที่ 4 °C นาน 24 hr.

↓

บดเนื้อหัวไหล่หมูด้วยเครื่องสับผสม

↓ เติมน้ำแข็งเพื่อให้ส่วนผสมเย็นตลอดเวลา

เติมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และโซเดียมอีริโธรเบทขณะสับผสม

↓ เติมน้ำแข็งเพื่อให้ส่วนผสมเย็นตลอดเวลา

เติมส่วนผสมของเครื่องเทศ โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต และกลิ่นควันผงขณะสับผสม

↓ เติมน้ำแข็งเพื่อให้ส่วนผสมเย็นตลอดเวลา

เติมมันหมูบด

สับผสมจนส่วนผสมเข้ากันและมีเนื้อเนียนละเอียด

↓

บรรจุส่วนผสมที่ได้ในไส้เซลลูโลสด้วยเครื่องบรรจุไส้กรอก

ความยาว 10 m บรรจุส่วนผสมปริมาณ 5000 g

↓

มัดไส้กรอกเป็นท่อน ความยาว 10 cm

↓

อบไส้กรอกด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 45 min

↓

ต้มไส้กรอกในน้ำที่อุณหภูมิ 75 °C เป็นเวลา 15 min

↓

แช่ไส้กรอกที่ต้มสุกในน้ำเย็นไม่เกิน 10 °C

↓

ผึ่งไส้กรอกให้แห้ง บรรจุไว้ในถุงสุญญากาศ เก็บรักษาในตู้เย็น

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการทำไส้กรอกเวียนนา (กรมปศุสัตว์, 2546)

ตารางที่ 3.2 ปัจจัยที่ทำการผันแปรปริมาณในการศึกษาผลของการทดแทนเกลือบริโภคด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติของไส้กรอกเวียนนา

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	ระดับต่ำ	ระดับสูง (หน่วย : ร้อยละ)
เกลือบริโภค	0.00	100.00
เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์	0.00	100.00

เมื่อใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Design-Expert version 6.0.10 (Statease Inc., Minneapolis, USA, 2000) กำหนดระดับสูง – ต่ำ ของปัจจัยตามที่กำหนด ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 5 สิ่งการทดลองทำการทดลอง 2 ซ้ำ แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สิ่งทดลองทั้งหมดของการศึกษาผลของการทดแทนเกลือบริโภคด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติของไส้กรอกเวียนนา

สิ่งทดลอง	ปัจจัยในสิ่งทดลอง (ร้อยละ)	
	เกลือบริโภค	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

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบด้านเนื้อสัมผัสกับเครื่อง Texture analyser (Stable Micro Systems Ltd, UK) เทียบกับไส้กรอกเวียนนาที่ใช้เกลือโซเดียมในปริมาณปกติ

การทดสอบคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส

การวัดค่าเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA)

ทำการประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของไส้กรอกในแต่ละสิ่งทดลอง 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

จากนั้นทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในด้านความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส โดยวิธีให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale ใช้ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย ทดสอบทั้งหมด 100 คน

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค(Consumer acceptance)

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory test) โดยทำการทดสอบในห้องประเมินทางประสาทสัมผัสที่มีการควบคุมสภาวะแวดล้อม ณ หน่วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการทดสอบผู้บริโภค คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) (Peryam and Pilgrim, 1957) ด้วยแบบทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SuSense, Thailand) ทำการทดสอบกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมายคือ นักศึกษาและบุคคลากรในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่รับประทานไส้กรอกเวียนนาสุ่มผู้ทดสอบโดยไม่ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความสะดวก (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

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบการใช้กรดอะมิโนที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติของไส้กรอกเวียนนา

ทำการทดแทนเกลือบริโภค (NaCl) ด้วยกรดอะมิโน 2 ชนิด ได้แก่ ไกลซีน (glycine) และแอล-อาร์จินีน (L-arginine) ในสูตรการผลิตไส้กรอกเวียนนา โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design :CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ได้สิ่งทดลอง ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สิ่งทดลองของการเปรียบเทียบการใช้ไกลซีน (glycine) และแอล-อาร์จินีน (L-arginine) ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติของไส้กรอกเวียนนา

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

จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคเช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 1

ตอนที่ 3 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่ทดแทนเกลือบริโภค (NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียม (KCl) และใช้กรดอะมิโนในการบดบังรสขมของเกลือโพแทสเซียม (KCl)

ทำการศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาโดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ในโปรแกรม Design-Expert version 6.0.10 (Statease Inc., Minneapolis, USA) โดยเลือก Mixture Design แบบ D-optimal โดยผันแปร 3 ปัจจัยคือ ปริมาณเกลือโซเดียม (NaCl) ปริมาณเกลือโพแทสเซียม (KCl) และปริมาณกรดอะมิโนที่ใช้ในส่วนผสม โดยกรดอะมิโนที่ใช้จะเลือกจากผลการทดสอบในตอนที่ 2 คือกรดอะมิโนไกลซีน ซึ่งสิ่งทดลองทั้งหมดที่ได้มี 14 สูตรแสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 สิ่งทดลองของการศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียม

สิ่งทดลอง	ร้อยละส่วนผสมของเกลือในสูตร		
	เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)	ไกลซีน (Glycine)
1	0	80	20
2	32.5	67.5	0
3	0	90	10
4	0	100	0
5	65	35	0
6	45	35	20
7	22.5	57.5	20
8	46.25	48.75	5
9	13.75	76.25	10
10	55	35	10
11	0	100	0
12	65	35	0
13	45	35	20
14	0	80	20

หมายเหตุ : ส่วนผสมทั้งหมดร้อยละ 100 ในตาราง คิดเป็น ร้อยละ 1.35 ของส่วนผสมทั้งหมด

จากนั้นทำการผลิตไส้กรอกเวียนนาสูตรที่ได้จากการวางแผนการทดลองดังกล่าว นำผลิตภัณฑ์สูตรต่างๆที่ได้นำไปทดสอบคุณภาพ ดังนี้

- การวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture analyser (Stable Micro Systems Ltd, UK)
- การวัดค่าสี โดยเครื่อง Hunter Lab Color Quest II
- ค่าวอร์เตอร์แอคติวิตี้ a_w (AquaLab LITE, USA)
- ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในด้านความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส โดยวิธีให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale ใช้ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย ทดสอบทั้งหมด 100 คน

จากนั้นทำการ Optimization โดยใช้โปรแกรม Design-Expert version 6.0.10 (Statease Inc., Minneapolis, USA)

ตอนที่ 4 การทดสอบผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาจากสูตรที่เหมาะสมในตอนที่ 3 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบคุณภาพดังนี้

- ความชื้น, % moisture content (AOAC, 2000)
- ค่าวอร์เตอร์แอคติวิตี้ a_w (AquaLab LITE, USA)
- การวัดค่าสี โดยเครื่อง Hunter Lab Color Quest II
- การวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture analyser (Stable Micro Systems Ltd, UK)
- การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา (AOAC, 2000)
- *Escherichia coli.* โดยวิธี MPN (AOAC, 2000)
- วิเคราะห์ปริมาณเกลือ
- ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ทั่วไป โดยการทดสอบการ
- ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ทำการพัฒนาแล้ว เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์สูตรปกติ ทำการทดสอบอย่างน้อย 200 คน ใช้ 9–point hedonic scale ให้คะแนนความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้วในด้านความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

ตอนที่ 1 ผลศึกษาการทดแทนเกลือบริโภค (NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียม (KCl) ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติของไส้กรอกเวียนนา

จากการศึกษาผลของการทดแทนเกลือบริโภค (NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียม (KCl) ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนา ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาด้วยเครื่อง Texture analyser (Stable Micro Systems Ltd, UK) ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาที่ทดแทนเกลือบริโภค (NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียม (KCl) ในระดับต่างๆ ด้วยเครื่อง Texture analyzer

อัตราส่วนของ NaCl/KCl	**คุณลักษณะเนื้อสัมผัส***						
	Hardness (N)	**Adhesiveness (g.sec)**	**Springiness**^{ns}	**Cohesiveness**	**Gumminess**	**Chewiness**	**Firmness (N)**
100/0	**27.53±3.96a**	**-1.41±1.60b**	**0.65±0.04ns**	**0.79±0.02c**	**29.01±4.04a**	**18.89±4.09a**	**25.86±2.29a**
75/25	**26.06±1.24a**	**-1.41±0.94b**	**0.65±0.04ns**	**0.79±0.02c**	**27.64±3.01a**	**17.89±2.66a**	**23.83±1.70b**
50/50	**23.34±4.05b**	**-1.00±0.71b**	**0.63±0.04ns**	**0.81±0.02b**	**23.76±2.12b**	**15.22±1.97b**	**23.43±1.39b**
25/75	**20.95±3.48c**	**-0.72±0.29a**	**0.62±0.04ns**	**0.82±0.02b**	**17.28±2.33c**	**10.81±2.11c**	**16.56±1.12c**
0/100	**19.48±1.84c**	**-0.81±0.54b**	**0.62±0.07ns**	**0.83±0.03a**	**18.30±2.99c**	**12.52±2.70c**	**16.85±1.03c**

*ค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากการวัดค่าเนื้อสัมผัสของตัวอย่างด้วยเครื่อง Texture analyzer จำนวน 10 ซ้ำ

ตัวภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวแนวคอลัมน์ จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

จากการวัดค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่ทดแทนเกลือบริโภค (NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียม (KCl) ในระดับต่างๆทั้ง 5 สูตรพบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็ง (hardness) 19.48 ถึง 27.53 นิวตัน (N) มีค่าการยึดติด (adhesiveness) -0.72 ถึง -1.41 (g.sec) การยืดหยุ่น (springiness) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.62 ถึง 0.65 การยึดเกาะ (cohesiveness) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.79 ถึง 0.83 ความเหนียวเป็นยาง (gumminess) มีค่าอยู่ระหว่าง 17.28 ถึง 29.01 ความเหนียว (chewiness) มีค่าอยู่ระหว่าง 10.81 ถึง 18.89 และมีค่าความแน่นเนื้อ (firmness) มีค่าระหว่าง 16.56 ถึง 25.86 นิวตัน (N) ซึ่งการทดแทนเกลือบริโภค (NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียม (KCl) ในปริมาณที่สูงขึ้นมีผลต่อค่าความแข็ง (hardness), ค่าการยึดติด

(adhesiveness), การยึดเกาะ (cohesiveness), ความเหนียวเป็นยาง (gumminess), ความเหนียว (chewiness) และค่าความแน่นเนื้อ (firmness) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การลดปริมาณเกลือในการผลิตไส้กรอกมีผลลดการสูญเสียน้ำจากการต้ม (cooking loss), ความชื้นและปริมาณไขมัน ในขณะที่การลดปริมาณเกลือค่า hardness, springiness และ chewiness สูงกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่มีปริมาณเกลือสูง (Tobin *et al*., 2013) ในขณะที่การใช้เกลือโพแทสเซียมทดแทนเกลือบริโภคร้อยละ 50 ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพเนื้อสัมผัสด้าน hardness springiness และ cohesiveness ไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักที่ใช้เกลือบริโภคสูตรปกติ (Campagnol *et al*., 2011)

ในส่วนของการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาทดแทนเกลือบริโภค (NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียม (KCl) ในระดับต่างๆ ทั้ง 5 สูตร ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คะแนนความชอบเฉลี่ย*ของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาทั้ง 5 สูตร (n=100)

สิ่งทดลอง	เกลือบริโภค (NaCl)	เกลือโพแทสเซียม (KCl)	ความชอบโดยรวม	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส
1	100	0	6.4±1.2a	6.6±1.1a	6.2±1.2ab	6.1±1.5a
2	75	25	6.4±1.2a	6.5±1.1a	6.3±1.3a	6.1±1.5b
3	50	50	5.9±1.0b	6.6±1.1a	6.1±1.3ab	5.7±1.2bc
4	25	75	5.7±1.5b	5.9±1.4b	5.8±1.6b	5.6±1.8c
5	0	100	5.6±1.6b	6.0±1.3b	5.3±1.9c	5.6±1.7c

*ค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี 9 – point hedonic scale

ตัวภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวแนวคอลัมน์ จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4.2 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้านความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาที่ทดแทนเกลือบริโภค (NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียม (KCl) ในระดับต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเมื่อลดปริมาณเกลือบริโภคลงและเพิ่มปริมาณเกลือโพแทสเซียมมากขึ้นคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมีแนวโน้มลดลงซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลการทดลองในรายงานการวิจัยดังนี้

กรณีของการลดปริมาณเกลือบริโภคในไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ก็เช่นเดียวกัน การลดปริมาณเกลือบริโภคนั้นส่งผลต่อการรับรู้ด้านกลิ่นรสโดยรวมและรสเค็มของผลิตภัณฑ์ลดลง (Crehan *et al*., 2000)

ในส่วนของการลดเกลือโซเดียมร้อยละ 16 ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับในด้านกลิ่น รสชาติ ความชุ่มฉ่ำ และความชอบโดยรวมลดลงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักสูตรปกติ ซึ่งการใช้เกลือโพแทสเซียมร้อยละ 16 ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชุ่มฉ่ำ รวมถึงความชอบโดยรวมไม่แตกต่างไปจากไส้กรอกหมักสูตรปกติ (Corral *et al*., 2013)

นอกจากนี้ Campagnol *et al*., 2011 ได้กล่าวไว้ว่า การใช้เกลือโพแทสเซียมร้อยละ 50 มีผลต่อคะแนนความชอบในด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ซึ่งเป็นผลมาจากรสขมของเกลือโพแทสเซียมที่ใช้ทดแทนจึงทำให้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ต่ำอยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ และการใช้เกลือโพแทสเซียมแทนเกลือโซเดียมจะทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ได้ด้วย

จากนั้นนำข้อมูลคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่ได้ไปวิเคราะห์หาสมการถดถอยได้สมการที่มีนัยสำคัญและค่า Adjusted R^2 ที่มากกว่า 0.8000 ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สมการรีเกรสชัน (Regression equation) ของคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคในบางคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา

Parameters	**Regression equation**	**Adjusted R^2**	**Significance level (*p*)**
คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัส			
Hardness	Hardness = +0.27 x (NaCl) + 0.18 x (KCl)	0.8500	0.0166
Adhesiveness	Adhesiveness = -0.015 x (NaCl) - 6.85E-003 x (KCl)	0.8043	0.0250
Springiness	Springiness = +6.52E-003 x (NaCl) + 6.15E-003 x (KCl)	0.8082	0.0242
Cohesiveness	Cohesiveness = +7.89E-003 x (NaCl) + 8.32E-003 x (KCl)	0.9103	0.0076
Gumminess	Gumminess = +0.29 x (NaCl) + 0.17 x (KCl)	0.8405	0.0182
Firmness	Firmness = +0.26 x (NaCl) + 0.16 x (KCl)	0.8160	0.0227
การยอมรับของผู้บริโภค			
ความชอบโดยรวม	Overall liking = +0.064 x (NaCl) + 0.055x(KCl)	0.9243	0.0058
กลิ่นรส	Flavor = +0.062 x (NaCl) + 0.053 x (KCl) + 1.64E-004 x (NaCl) x (KCl)	0.9926	0.0037
เนื้อสัมผัส	Texture = +0.061 x (NaCl) + 0.055 x (KCl)	0.7818	0.0296

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ปริมาณการทดแทนเกลือบริโภคด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ส่งผลต่อคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาในด้านความแข็ง (hardness) ค่าการยึดติด (adhesiveness) การยืดหยุ่น (springiness) การยึดเกาะ (cohesiveness) ความเหนียวเป็นยาง (gumminess) ความเหนียว (chewiness) และค่าความแน่นเนื้อ (firmness) และคะแนนความชอบของผู้บริโภคในด้านความชอบโดยรวมและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบของผู้บริโภคในด้านคุณลักษณะต่างของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาทั้ง 5 สูตร จะเห็นได้ว่า ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้เกลือโพแทสเซียมที่ระดับร้อยละ 75 และ 100 นั้นผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะต่ำกว่าไส้กรอกเวียนนาที่ใช้เกลือโพแทสเซียมที่ระดับร้อยละ 50, 25 และ 0 เนื่องมาจากการใช้เกลือโพแทสเซียมในปริมาณที่สูงจะส่งผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยที่เกลือโพแทสเซียมจะมีรสขมและมีกลิ่นโลหะ (Kilcast and den Ridder, 2007) ซึ่งมีข้อมูลกล่าวถึง การใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับกรดอะมิโนบางชนิด (amino acid) สามารถลดหรือบดบังรสขม และกลิ่นรสโลหะที่ไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นได้ (Kilcast and Angus, 2007) ดังนั้นจึงเลือกที่จะศึกษาคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาเมื่อใช้เกลือโพแทสเซียมระดับร้อยละ 75 ทดแทนเกลือบริโภค โดยใช้กรดอะมิโนเพื่อเป็นสารที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ทำการลดปริมาณโซเดียมในการทดลองต่อไป

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการใช้กรดอะมิโนที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติของไส้กรอกเวียนนา

เมื่อทำการศึกษาผลของการใช้ไกลซีน (glycine) เปรียบเทียบกับแอล-อาร์จินีน (L-arginine) ในไส้กรอกเวียนนาที่ลดปริมาณของเกลือโซเดียมในสูตรต่อคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสและรสชาติ ผลดังตารางที่ 4.4 และ 4.5

ในการศึกษาผลของการใช้เกลือโพแทสเซียมและกรดอะมิโนไกลซีนเป็นสารทดแทนเกลือบริโภคในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักพบว่า การใช้ไกลซีนมีผลต่อคุณภาพทางเนื้อสัมผัสด้านการยืดหยุ่น, การยึดเกาะ ความเหนียวเป็นยาง และความเหนียวของผลิตภัณฑ์ลดลงแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักตัวอย่างควบคุม ถึงแม้ว่าคุณภาพทางเนื้อสัมผัส เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Texture analyzer ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักที่ลดโซเดียมแล้วใช้สารทดแทนเกลือบริโภคด้วยโพแทสเซียมและไกลซีนแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมแต่ผู้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสนั้นไม่สามารถแยกความแตกต่างเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้งสองได้ โดยกรดอะมิโนไกลซีนนั้นมีข้อดีคือช่วยลดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ อาจช่วยในเรื่องความคงตัวของเชื้อและสามารถใช้เป็นสารทดแทนเกลือบริโภคได้ (*Gou et al.,* 1996)

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาที่เปรียบเทียบการใช้แอล-อาร์จินีน (L-arginine) และไกลซีน (glycine) ด้วยเครื่อง Texture analyzer

อัตราส่วน	คุณลักษณะเนื้อสัมผัส*						
	Hardness (N)	Adhesiveness (g.sec)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Firmness (N)
100% NaCl +0% KCl	28.97±3.62a	-0.87±0.25	0.67±0.11	0.90±0.02	8.76±1.48	5.89±1.85	25.42±1.40a
25%NaCl +75% KCl	20.59±2.28b	-0.81±0.37	0.66±0.11	0.91±0.03	9.50±2.41	6.25±2.36	20.85±1.10b
21.25%NaCl +63.75%KCl +15%Glycine	21.77±2.67b	-0.51±0.29	0.65±0.10	0.92±0.02	7.95±1.62	5.37±1.74	19.93±1.84b
21.25%NaCl +63.75%KCl +15%L-arginine	20.42±1.44b	-0.67±0.43	0.69±0.11	0.91±0.02	9.01±1.07	6.46±1.47	20.24±1.19b

*ค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากการวัดค่าเนื้อสัมผัสของตัวอย่างด้วยเครื่อง Texture analyzer จำนวน 10 ซ้ำ

ตัวภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวคอลัมภ์ จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ซึ่งเป็นการประเมินการยอมรับของผู้บริโภค (n=100) ผลดังตารางที่ 4.5 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ไกลซีนระดับร้อยละ 15 และใช้แอล-อาร์จินีนระดับร้อยละ 15 มีคะแนนการยอมรับในทุกคุณลักษณะใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาสูตรปกติและสูตรใช้เกลือโพแทสเซียมทดแทนเกลือบริโภคถึงร้อยละ 75

ตารางที่ 4.5 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา (n=100) ที่ใช้แอล-อาร์จินีน (L-arginine) และไกลซีน (glycine)

สิ่งทดลอง	ร้อยละของเกลือที่ใช้ในส่วนผสมทั้งหมด				คะแนนการยอมรับของผู้บริโภค			
	เกลือบริโภค	เกลือโพแทสเซียม	glycine	L - arginine	ความชอบโดยรวม	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส
1	100.00	-	-	-	6.5±1.1a	6.3±1.2a	6.2±1.3a	6.5±1.3a
2	25.00	75.00	-	-	5.8±1.3c	5.9±1.3b	5.8±1.3b	5.8±1.2c
3	21.25	63.75	15.00	-	6.1±1.3b	6.1±1.2ab	6.0±1.4ab	6.1±1.2b
4	21.25	63.75	-	15.00	6.0±1.3bc	6.2±1.3a	5.9±1.3ab	5.9±1.3bc

*ค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี 9 – point hedonic scale

ตัวภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวคอลัมภ์ จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อพิจารณาผลการทดลองการใช้กรดอะมิโนทั้งสองชนิดในไส้กรอกเวียนนานั้นผู้บริโภคให้การยอมรับไม่แตกต่างกัน($p\geq0.05$) โดยไส้กรอกเวียนนาสูตรที่มีการใช้เกลือโพแทสเซียมทดแทนเกลือโซเดียมในระดับร้อยละ 75 จะมีคะแนนการยอมรับในทุกคุณลักษณะต่ำกว่าไส้กรอกเวียนนาที่ใช้เกลือโซเดียม 100% และหากมีการใช้กรดอะมิโนทั้งสองชนิดเข้าร่วมด้วย จะทำให้มีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากกรดอะมิโนไกลซีนนั้นมีราคาถูกกว่าและผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้กรดอะมิโนไกลซีนมีคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสและทางด้านประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์สูตรปกติดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงเลือกกรดอะมิโนไกลซีนมาทำการทดลองตอนที่ 3 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่ทดแทนเกลือบริโภค (NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียม (KCl) และใช้กรดอะมิโนไกลซีนในการบดบังรสขมของเกลือโพแทสเซียม

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่ทดแทนเกลือบริโภค (NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียม (KCl) และใช้กรดอะมิโนในการบดบังรสขมของเกลือโพแทสเซียม (KCl)

ในการศึกษาปริมาณส่วนผสมเกลือบริโภค เกลือโพแทสเซียม และกรดอะมิโนไกลซีนที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียมโดยการทดแทนเกลือบริโภค (NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียม (KCl) และใช้กรดอะมิโนในการบดบังรสขมของเกลือโพแทสเซียม (KCl) จากการทดลองผันแปรปริมาณส่วนผสมดังกล่าวในแผนการทดลองแบบ Mixture design แบบ D-optimal ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 14 สูตร ทำการผลิตไส้กรอกเวียนนาดังกล่าวแล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เนื้อสัมผัสและด้านประสาทสัมผัส ผลดังตารางที่ 4.6-4.8

จากตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่ได้จากการทดลองทั้ง 14 สิ่งทดลองพบว่าไส้กรอกมีค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์อยู่ระหว่าง 16.88 ถึง 30.68 นิวตัน(N) มีค่าการยึดติด -0.61 ถึง -1.48 (g.sec) การยืดหยุ่นมีค่าอยู่ระหว่าง 0.66 ถึง 0.76 การเชื่อมติดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.58 ถึง 0.68 ความเหนียวลื่นมีค่าอยู่ระหว่าง 9.99 ถึง 21.01 ความเหนียวมีค่าอยู่ระหว่าง 6.37 ถึง 15.14 ค่าความแน่นเนื้อมีค่าระหว่าง 18.39 ถึง 25.83 นิวตัน

ในการศึกษาผลของการทดแทนเกลือโซเดียมด้วยเกลือโพแทสเซียมที่ระดับร้อยละ 40-60 ต่อค่าคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักนั้นไม่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม แต่ในส่วนของเนื้อสัมผัสด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อมีการทดแทนของเกลือโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น (Gou *et al.*, 1996) การที่ปริมาณเกลือโซเดียมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเพิ่มขึ้นนั้นจะส่งผลต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเช่นกัน (Matulis *et al.*, 1995; Semen *et al.*, 1980) ซึ่งไส้กรอกที่มีปริมาณของเกลือโซเดียมต่ำจึงมีเนื้อสัมผัสที่ยุ่ย ไม่มีความแน่นเนื้อ ส่งผลให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ได้เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสูตรปรกติที่มีปริมาณเกลือโซเดียมปกติ ที่ระดับเกลือสูง เนื่องจากการเพิ่มปริมาณเกลือโซเดียมให้เหมาะสมในสูตรอาจมีผลต่อช่วยกระบวนการสกัดโปรตีนและช่วยสร้างพันธะของโปรตีนภายในผลิตภัณฑ์ ซึ่งช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกนั้นมีเนื้อสัมผัสที่ต้องการ (Matulis *et al.*, 1995)

ในส่วนค่าสี จะรายงานในรูปของ ค่าสี L a b ซึ่งค่าสี L คือค่าสว่าง ซึ่งมีช่วงระหว่าง 0-100 โดยค่า 0 หมายถึงสีดำ ค่า 50 หมายถึงสีเทา และค่า 100 แสดงถึงสีขาว ส่วนค่าสี a คือสีแดง แสดงมิติของสีแดงถึงสีเขียว หาก a มีค่าเป็น + จะมีสีในทิศทางเป็นสีเทาถึงสีแดง ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาทั้ง 14 สูตร(ตารางที่ 4.7) มีค่าสี L อยู่ในช่วง 60.80-65.16, ค่าสี a อยู่ในช่วง 10.36-12.47 และค่าสี b อยู่ในช่วง 13.23-16.37 ค่า a_w อยู่ในช่วง 0.965-0.977 ซึ่งค่าสี L a b และค่า aw ของไส้กรอกทั้ง 14 สูตรนั้นมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ทั้งนี้การใช้ไกลซีนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักลดโซเดียมเลย (Gou *et al.*, 1996) ส่วนการลดเกลือในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกนั้นในรายวิจัยต่างๆ กล่าวว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของไส้กรอกทั้งจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือและจากการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส (Crehan *et al.*, 2000; Tobin *et al.*, 2013; Ventanas *et al.*, 2010)

ตารางที่ 4.6 ค่าคะแนนคุณภาพทางด้านกายภาพลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียมจากการทดลองแบบ Mixture design

สิ่งทดลอง	เกลือบริโภค	เกลือโพแทสเซียม	Glycine	Hardness (N)	Adhesiveness (g.sec)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Firmness (N)
1	0	80	20	26.39±2.44	-0.92±0.39	0.69±0.04	0.66±0.06	16.67±2.19	11.99±1.18	21.61±0.45
2	32.5	67.5	0	16.88±1.28	-0.86±0.58	0.70±0.03	0.58±0.05	10.49±1.01	7.50±0.84	18.39±0.67
3	0	90	10	17.22±1.42	-1.14±±0.85	0.70±0.01	0.59±0.05	10.46±1.37	6.96±0.71	18.45±0.52
4	0	100	0	20.08±1.10	-1.21±0.45	0.72±0.05	0.68±0.08	18.04±1.26	13.43±1.18	20.78±0.74
5	65	35	0	26.38±1.43	-0.92±0.45	0.76±0.03	0.66±0.05	16.46±2.84	13.02±1.33	26.66±0.74
6	45	35	20	28.25±2.23	-0.63±0.28	0.72±0.03	0.66±0.07	17.79±2.29	13.74±2.27	13.60±0.73
7	22.5	57.5	20	27.52±1.07	-1.08±0.78	0.71±0.03	0.65±0.04	11.69±0.97	8.26±0.96	20.88±0.38
8	46.25	48.75	5	17.72±1.83	-0.89±0.44	0.66±0.03	0.58±0.07	9.99±1.12	6.37±0.52	18.85±0.74
9	13.75	76.25	10	19.83±0.82	-0.61±0.33	0.72±0.03	0.66±0.04	13.34±1.09	9.32±0.91	20.20±1.12
10	55	35	10	20.52±2.64	-0.75±0.51	0.74±0.02	0.68±0.04	20.06±2.48	15.14±1.07	25.83±0.69
11	0	100	0	20.16±0.51	-1.40±0.48	0.71±0.06	0.66±0.09	21.01±2.00	13.84±2.12	20.84±0.55
12	65	35	0	28.24±3.03	-1.21±1.09	0.73±0.02	0.68±0.07	18.56±2.62	14.05±1.98	24.61±1.12
13	45	35	20	30.68±1.99	-0.96±0.59	0.72±0.03	0.64±0.02	20.44±2.20	14.73±1.36	23.68±0.85
14	0	80	20	24.64±2.08	-1.48±0.85	0.70±0.04	0.63±0.06	13.84±2.59	10.87±2.21	21.43±0.77

*ค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากการวัดค่าเนื้อสัมผัสของตัวอย่างด้วยเครื่อง Texture analyzer จำนวน 10 ซ้ำ

ตัวภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้ง จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.7 ค่าคะแนนคุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียมจากการทดลองแบบ Mixture design

สิ่งทดลอง	เกลือบริโภค	เกลือโพแทสเซียม	Glycine	ค่าสี			a_w
				ค่า L	**ค่า a**	**ค่า b**	
1	0	80	20	62.08±1.13	10.55±0.41	14.33±0.14	0.965±0.005
2	32.5	67.5	0	62.40±0.10	12.47±0.33	16.37±0.38	0.971±0.005
3	0	90	10	60.80±0.22	13.03±0.36	14.24±0.67	0.972±0.007
4	0	100	0	63.61±1.06	11.47±0.38	15.13±0.69	0.974±0.006
5	65	35	0	62.90±0.52	11.83±0.38	16.14±0.37	0.968±0.007
6	45	35	20	62.46±0.39	11.70±0.32	14.78±0.56	0.970±0.004
7	22.5	57.5	20	61.87±0.47	12.19±0.34	15.14±0.69	0.975±0.005
8	46.25	48.75	5	63.51±1.17	11.39±0.90	14.09±1.07	0.973±0.009
9	13.75	76.25	10	61.81±0.65	12.31±0.93	14.25±0.48	0.966±0.002
10	55	35	10	64.64±0.81	10.48±0.50	13.23±0.61	0.977±0.006
11	0	100	0	65.16±0.59	10.42±0.50	13.85±1.47	0.974±0.006
12	65	35	0	62.40±0.58	12.20±0.36	15.48±0.46	0.965±0.009
13	45	35	20	62.08±0.65	11.62±0.54	15.17±0.41	0.971±0.002
14	0	80	20	63.62±0.11	10.36±0.18	14.31±0.88	0.970±0.007

*ค่าเฉลี่ยที่ได้มา จากการวัดค่าสี และค่าวอเตอร์แอคติวิตี จำนวน 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4.8 ค่าคะแนนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียมจากการทดลองแบบ Mixture design

สิ่งทดลอง	เกลือบริโภค	เกลือโพแทสเซียม	Glycine	ความชอบโดยรวม	กลิ่นรส	รสชาติโดยรวม	เนื้อสัมผัส
1	0	80	20	5.8±1.1	6.0±1.1	5.7±1.1	6.1±1.3
2	32.5	67.5	0	5.9±1.0	6.1±1.0	6.0±1.1	5.8±1.2
3	0	90	10	6.2±1.0	6.4±1.1	5.9±1.1	5.6±1.2
4	0	100	0	5.7±0.9	6.1±1.1	5.6±1.1	6.2±1.0
5	65	35	0	6.5±1.2	6.8±1.1	6.4±1.2	6.8±1.2
6	45	35	20	6.7±1.2	6.6±1.2	6.5±1.3	6.7±1.3
7	22.5	57.5	20	6.0±1.1	6.1±1.0	6.1±1.0	6.0±1.1
8	46.25	48.75	5	6.2±1.2	6.1±1.1	5.9±1.2	5.7±1.2
9	13.75	76.25	10	6.2±1.1	6.3±1.1	5.9±1.1	5.8±1.3
10	55	35	10	6.6±1.1	6.7±1.1	6.3±1.2	6.5±1.3
11	0	100	0	5.9±1.1	6.1±0.9	6.0±1.0	6.2±1.1
12	65	35	0	6.6±1.1	6.7±1.1	6.5±1.1	6.5±1.2
13	45	35	20	6.8±1.1	6.5±1.1	6.4±1.2	6.5±1.2
14	0	80	20	5.8±1.1	6.1±1.1	5.8±1.2	6.0±1.2

*ค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี 9 – point hedonic scale จากผู้บริโภคจำนวน 100 คน

ตัวภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้ง จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาทั้ง 14 สูตร ดังตารางที่ 4.8 พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาทั้ง 14 สูตร ในด้านความชอบโดยรวม กลิ่นรส รสชาติโดยรวมและลักษณะเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วงเฉยๆ (5.6 คะแนน) ถึงชอบเล็กน้อย (6.8 คะแนน)

ผลของระดับเกลือโซเดียมที่ลดลงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกนั้นนอกจากจะส่งผลต่อระดับความเข้มของความเค็มที่รับรู้ได้ลดลงแล้วยังจะมีผลต่อคุณลักษณะความเข้มของกลิ่นรสที่รับรู้ได้ลดลงเช่นกัน (Matulis *et al.*, 1995)

การประเมินรสเค็มโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักที่ใช้เกลือโพแทสเซียมทดแทนเกลือโซเดียมที่ระดับร้อยละ 50-60 พบว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักดังกล่าวมีรสเค็มลดลงแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างควบคุม (Gou *et al.*, 1996)

เมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์หาสมการ regression เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ทำการผันแปรได้แก่ เกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และไกลซีน ที่มีต่อคุณภาพต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาและเมื่อพิจารณาเฉพาะสมการ regression ที่มีนัยสำคัญและค่า Adjusted R^2 ที่สูง ดังตารางที่ 4.9 และกราฟค่าตอบสนองดังภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.9 สมการรีเกรสชัน (Regression equation) ของคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคในบางคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา

Parameters	**Regression equation**	**Adjusted R^2**	**Significance level (*p*)**
คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัส			
Hardness	Hardness=+0.44x(NaCl)+0.20x(KCl)+4.87x(glycine)-4.21E-003x (NaCl)x (KCl)-0.056x(NaCl)x (glycine) -0.054x(KCl)x(glycine)	0.8201	0.0012
Gumminess	Gumminess=+0.45x(NaCl)+0.19x(KCl)+1.69x (glycine)-7.86E-003x(NaCl)x(KCl)-0.01x(NaCl)x (glycine)-0.02x(KCl)x(glycine)	0.5649	0.0323

ตารางที่ 4.9 สมการรีเกรสชัน (Regression equation) ของคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคในบางคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา (ต่อ)

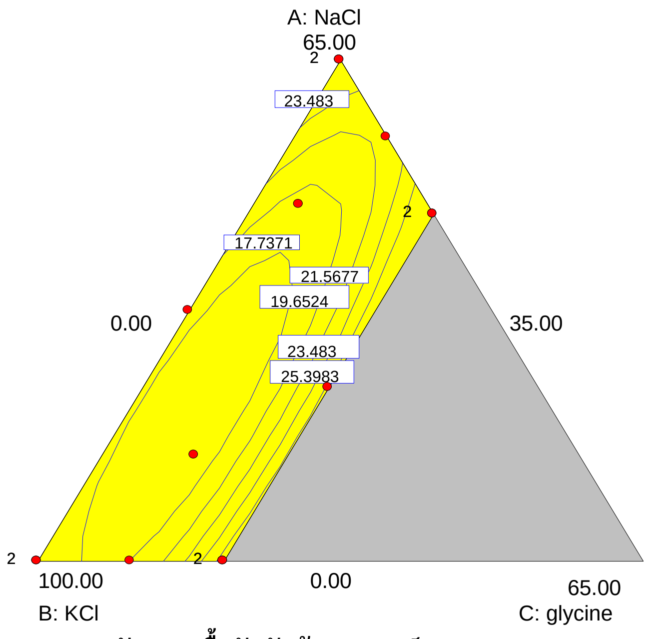
Parameters	**Regression equation**	**Adjusted R^2**	**Significance level (*p*)**
Chewiness	Chewiness=+1.70x (NaCl)+0.14x(KCl)+59.32x (glycine)-0.04x (NaCl)x (KCl)-1.01x(NaCl)x (glycine)-0.97x(KCl)x (glycine)+8.04E-003x (NaCl)x (KCl)x (glycine)-2.89E-004x(NaCl)x (KCl)x (NaCl-KCl)+4.40E-003x(NaCl)x (glycine) x (NaCl-glycine)+3.81E-003x(KCl)x (glycine)x (KCl-glycine)	0.9553	0.0023
Firmness	Firmness=+1.09x(NaCl)+0.21x(KCl)-1.41x (glycine)-0.02x(NaCl)x(KCl)+6.31 E-003x (NaCl)x (glycine)+0.04x(KCl)x (glycine)-1.04E-004x (NaCl) x(KCl)x (glycine)-1.38E-004x (NaCl)x (KCl)x (NaCl-KCl)+1.01E-004x (NaCl) x (glycine)x (NaCl-glycine)-2.66E-004x(KCl)x (glycine)x (KCl-glycine)	0.9247	0.0063
การยอมรับของผู้บริโภค			
ความชอบโดยรวม	Overall liking=+0.079 x(NaCl)+0.059x(KCl)-0.081x(glycine)-3.18E-004x(NaCl)x(KCl) +2.15 E-003x (NaCl)x(glycine)+1.74x(KCl)x(glycine)	0.8029	0.0017
ลักษณะปรากฏ	Appearance=+0.10x(NaCl)+0.06x(KCl)-3.58x (glycine)-7.98E-004 x(NaCl)x(KCl)+0.06x (NaCl) x(glycine)+0.06x(KCl)x(glycine)-5.01E-004x (NaCl)x(KCl)x(glycine)-4.67E-006x(NaCl)x(KCl) x(NaCl-KCl)-2.64E-004x(NaCl)x(glycine)x(NaCl-glycine)-2.34E004x(KCl)x(glycine)x(KCl-glycine)	0.9574	0.0021

ตารางที่ 4.9 สมการรีเกรสชัน (Regression equation) ของคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคในบางคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา (ต่อ)

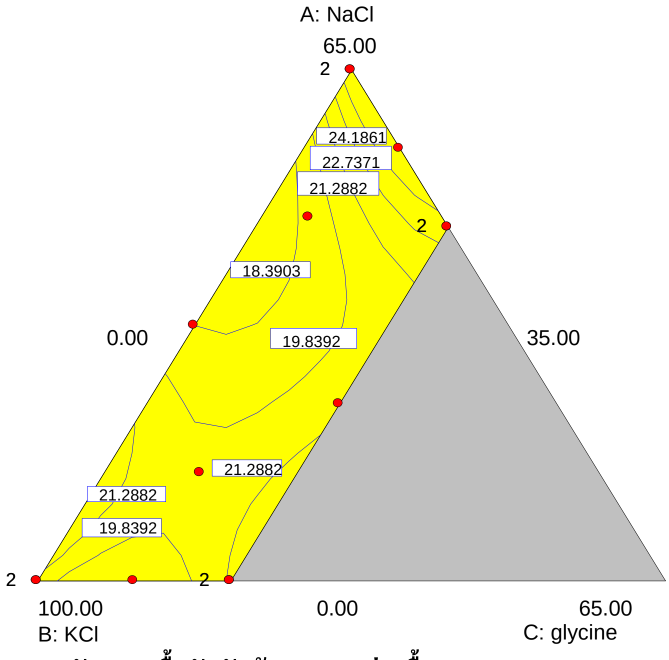
Parameters	**Regression equation**	**Adjusted R^2**	**Significance level (*p*)**
กลิ่นรส	Flavor=+0.068 x (NaCl)+0.057 x (KCl)+0.064 x (glycine)	0.6974	0.0006
เนื้อสัมผัส	Texture=+0.089x(NaCl)+0.062x(KCl)+0.31x (glycine)-5.66E-004x(NaCl)x (KCl)-2.86 E-003x (NaCl)x (glycine)-3.22 E-003x (KCl)x (glycine)	0.8111	0.0014

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.1 พบว่า ปริมาณของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาส่งผลในเชิงบวกต่อคุณลักษณะในด้านเนื้อสัมผัสคือค่า hardness กับ firmness และการยอมรับของผู้บริโภคในด้านความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก โดยเมื่อใช้เกลือโซดียมคลอไรด์ที่ระดับสูงขึ้นจะทำให้คุณลักษณะดังกล่าวมีค่าแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ในงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกลดโซเดียมก็มีการกล่าวถึงระดับของเกลือโซเดียมที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีผลต่อคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน (Ruusunen *et al*., 2001; Tobin *et al*., 2013; Ventanas *et al*., 2010) โดย Tobin et al., 2013 กล่าวถึงปริมาณเกลือโซเดียมนั้นมีผลเชิงบวกต่อคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกลดโซเดียมเช่นกัน

จากตารางที่ 4.9 เห็นได้ว่าสัดส่วนของเกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และไกลซีน ส่งผลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่เด่นคือ ด้าน hardness กับ firmness และการยอมรับของผู้บริโภคในด้านความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก จึงทำการวิเคราะห์หาส่วนผสมที่เหมาะสม (optimization) โดยใช้คุณลักษณะดังกล่าวเป็นเกณฑ์ในการวิเคราะห์

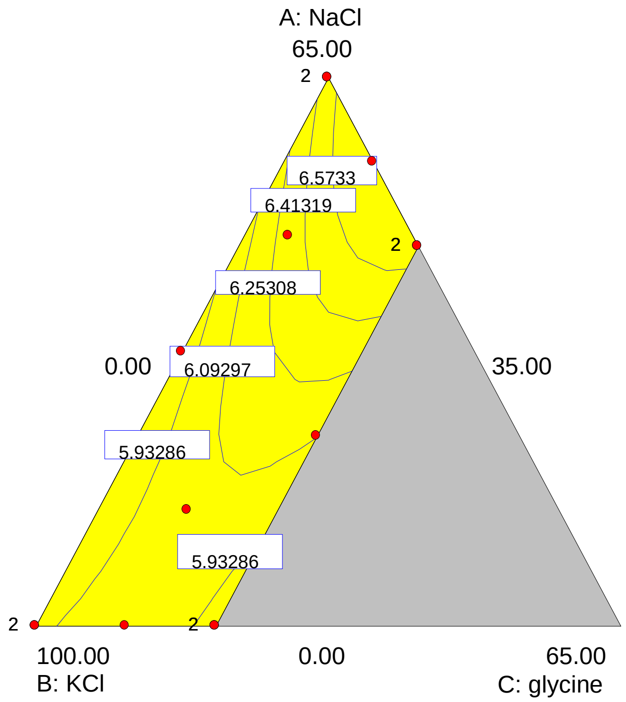


คุณลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness)

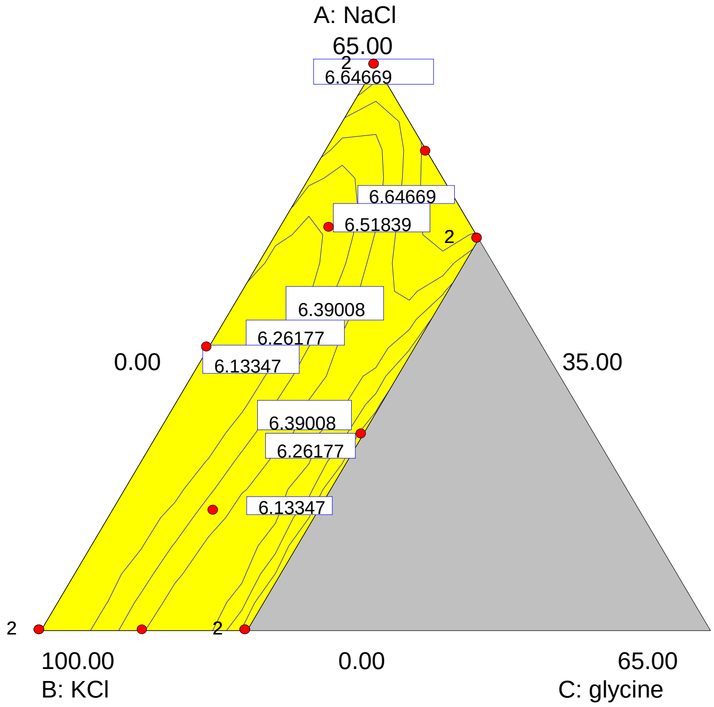


คุณลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแน่นเนื้อ (Firmness)

ภาพที่ 4.1 กราฟค่าตอบสนองของคะแนนในแต่ละคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของไส้เวียนนาที่ทำการผันแปร เกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และไกลซีน

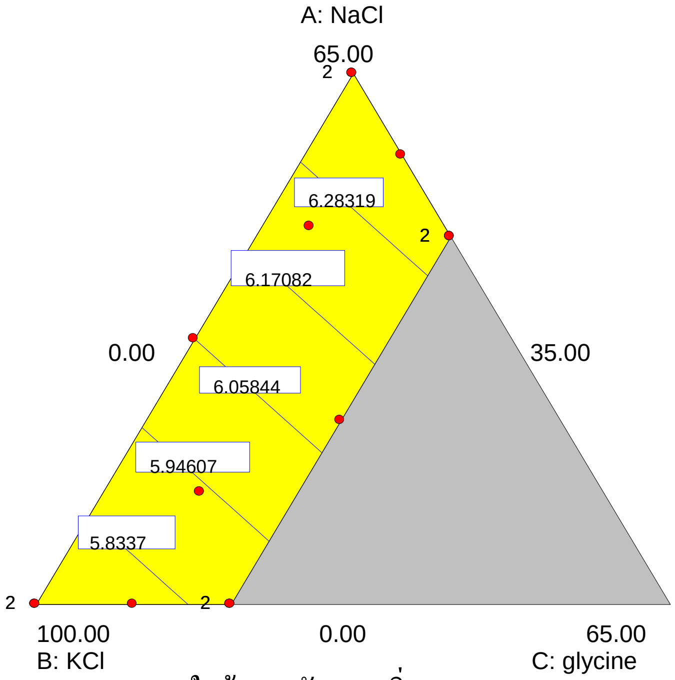


ความชอบโดยรวม (Overall liking)

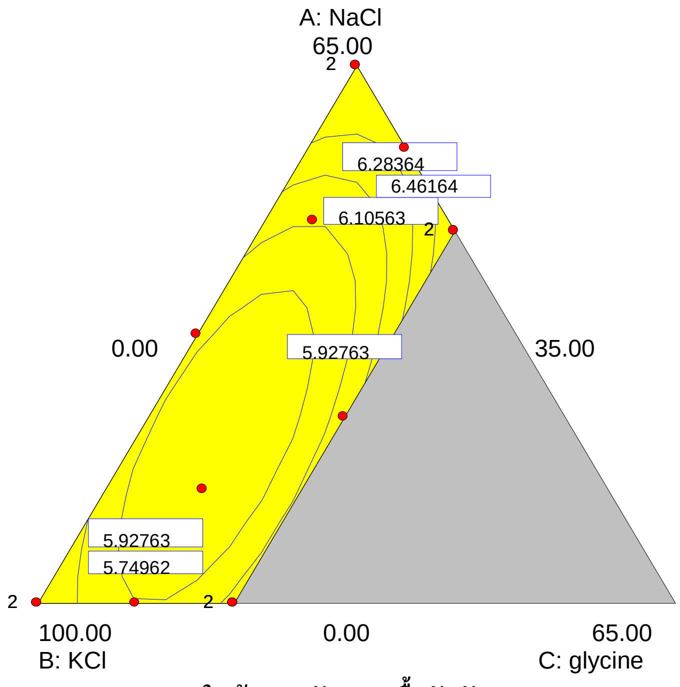


ความชอบในด้านคุณลักษณะปรากฏ (Appearance)

ภาพที่ 4.1 กราฟค่าตอบสนองของคะแนนในแต่ละคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสของไส้เวียนนาที่ทำการผันแปรเกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และไกลซีน (ต่อ)



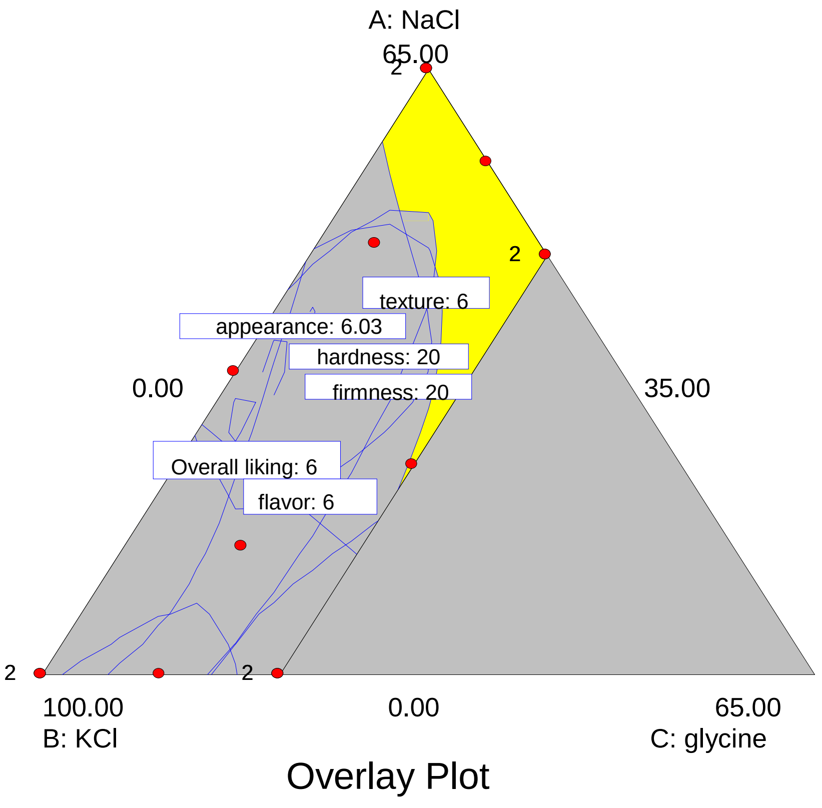
ความชอบในด้านคุณลักษณะกลิ่นรส (Flavor)



ความชอบในด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)

ภาพที่ 4.1 กราฟค่าตอบสนองของคะแนนในแต่ละคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสของไส้เวียนนาที่ทำการผันแปรเกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และไกลซีน (ต่อ)

ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้ลักษณะเนื้อสัมผัสด้าน hardness กับ firmness มากกว่าระดับที่ 20 และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านความชอบโดยรวม กลิ่นรส รสเค็ม รสชาติโดยรวม และเนื้อสัมผัส ที่ระดับชอบเล็กน้อยคือมีคะแนนมากกว่า 6 คะแนนขึ้นไปจากการใช้วิธี 9-point hedonic scale เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการหาส่วนผสมที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียม สำหรับคุณลักษณะอื่น ๆ ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนานี้ พบว่าสมการ regression ที่ได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ($p \geq 0.05$) จึงไม่นำคุณลักษณะดังกล่าวมาเป็นเกณฑ์ในการวิเคราะห์หาส่วนผสมที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ ผลการวิเคราะห์หาส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด (optimization) โดยวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Design-Expert version 6.0.10 (Statease Inc., Minneapolis, USA) ที่ได้ในรูป contour plot ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ช่วงระดับของเกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และไกลซีน ที่เหมาะสม (พื้นที่สีเหลือง) ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียม

จากการวิเคราะห์ช่วงที่เหมาะสมของส่วนผสมไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียมโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดดังกล่าว พิจารณาเลือกระดับของส่วนผสมอยู่ในช่วงพื้นที่สีเหลืองตามภาพที่ 4.2 ที่มีค่า desirability สูง ในการทดลองต่อไปจะทำการทดสอบความถูกต้องของสมการทำนายทำการผลิตไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียม และนำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ได้ไปทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค เพื่อตรวจสอบค่าที่ได้จากการทำนาย โดยจุดที่เลือกนำมาใช้ในการทดสอบมีสัดส่วนของเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 21.43 ของเกลือที่ใช้ในส่วนผสมเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 59.71 ของเกลือที่ใช้ในส่วนผสม และไกลซีนร้อยละ 18.86 ของเกลือที่ใช้ในส่วนผสม

ตอนที่ 4 ผลการทดสอบผลิตภัณฑ์สุดท้าย

จากการทดลองในตอนที่ 3 ซึ่งการศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่ทดแทนเกลือบริโภค (NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียม (KCl) และใช้กรดอะมิโนในการบดบังรสขมของเกลือโพแทสเซียม (KCl) โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ผลการทดลองสามารถสรุปสูตรที่เหมาะสมในการทำไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียม ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ส่วนผสมที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียม

ส่วนผสม		ร้อยละ
เนื้อหัวไหล่หมูบด		48.13
มันแข็งหมูบด		24.02
น้ำแข็ง		24.02
เกลือโซเดียมคลอไรด์(NaCl)	(ร้อยละ 21.43)	1.35*
เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์(KCl)	(ร้อยละ 59.71)	
ไกลซีน(glycine)	(ร้อยละ 18.86)	
โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต (soy protein isolated)		0.95
กลิ่นควันผง (smoking powder)		0.28
โซเดียมอิริทรอเบท (sodium erythrobate)		0.28
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (sodium tri polyphosphates)		0.28
พริกไทยป่น		0.20

ตารางที่ 4.10 ส่วนผสมที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียม (ต่อ)

ส่วนผสม	ร้อยละ
เมล็ดผักชีป่น	0.20
ลูกจันทน์ป่น	0.08
เครื่องเทศผสม**	0.20
โซเดียมไนไตรท (sodium nitrite)	0.01

* ส่วนผสมรวมร้อยละ 100 ของเกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และไกลซีน คิดเป็นร้อยละ 1.35 ของส่วนผสมทั้งหมด

**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

ตารางที่ 4.11 ค่าคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียมเมื่อเทียบกับไส้กรอกเวียนนาสูตรปกติ

สูตรที่	ปริมาณของส่วนผสม*			คะแนนคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส			
	NaCl	KCl	glycine	ความชอบโดยรวม	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส
1	100.00	-	-	6.7±1.2	6.5±1.3	6.5±1.4	7.0±1.3
2	21.43	59.71	18.86	6.1±1.3	6.2±1.3	6.0±1.3	6.3±1.5

* ส่วนผสมรวมร้อยละ 100 ของเกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และไกลซีน คิดเป็นร้อยละ 1.35 ของส่วนผสมทั้งหมด

เมื่อทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาสูตรลดโซเดียม ผลดังตารางที่ พบว่า ถึงแม้คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อไส้กรอกเวียนนาลด โซเดียมในด้านความชอบ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่มีเกลือโซเดียมสูตรปกติเล็กน้อย แต่ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียมที่ผ่านการพัฒนาแล้วนั้นมีค่าคะแนนความชอบในด้านความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลางเช่นกัน

ส่วนคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์ไส้กนอกเวียนนาลดโซเดยมที่ทำการพัฒนาแล้ว แสดงดังตารางที่ 4.12-4.14

ตารางที่ 4.12 ค่าคุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม**
Hardness (N)	11.35±2.17
Adhesiveness (g.sec)	-0.81±0.52
Springiness	0.90±0.09
Cohesiveness	0.89±0.02
Gumminess	10.11±1.66
Chewiness	9.24±1.89
Firmness (N)*	15.65±1.49
L*	68.06±0.34
a*	8.46±0.19
b*	9.59±0.37

*ค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากการวัดค่าเนื้อสัมผัสของตัวอย่างด้วยเครื่อง Texture analyzer จำนวน 10 ซ้ำ จากการวัดค่าสี
** ส่วนผสมดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.13 ค่าคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม

คุณภาพทางเคมี	ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม*
ความชื้น (ร้อยละ)	61.75
วอเตอร์แอคทิวิตี	0.99
โปรตีน (ร้อยละ)	13.70
ไขมัน (ร้อยละ)	20.34
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	2.12
เถ้า (ร้อยละ)	2.09
พลังงาน (กิโลแคลอรีต่อหนึ่งร้อยกรัมตัวอย่าง)	246.34
ปริมาณโซเดียม (มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัมตัวอย่าง)	281.00

* ส่วนผสมดังตารางที่ 4.10

ในส่วนของคุณภาพด้านเคมีของไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียมที่ผ่านการพัฒนาแล้ว (ตารางที่ 4.13) มีไขมันไม่เกินร้อยละ 25 โดยน้ำหนักและโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 13 โดยน้ำหนัก เป็นไปตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไส้กรอกเวียนนา มาตรฐานเลขที่ มอก. 2300-2549 และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียมดังกล่าวมีปริมาณโซเดียมเท่ากับ 281.00 มิลลิกรัมต่อร้อยกรัมตัวอย่างเมื่อเทียบกับไส้กรอกเวียนนาสูตรปกติซึ่งมีปริมาณโซเดียมเท่ากับ 569.50 มิลลิกรัมต่อร้อยกรัมตัวอย่าง ดังนั้นจึงสามารถลดปริมาณโซเดียมลงได้ร้อยละ 50.66 (100- (281x100/569.50)) จากสูตรเริ่มต้น โดยที่ลดการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ลงจากสูตรเริ่มต้นได้ถึงร้อยละ 78.57 (100-21.43) ของปริมาณเกลือที่ใช้ในส่วนผสม

ตารางที่ 4.14 ค่าคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม

คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์	ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม*
จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	6.10×10^{2}
ยีสต์ และ รา (cfu/g)	< 10
แบคทีเรียโคลิฟอร์ม (MPN/g)	< 3.0

* ส่วนผสมดังตารางที่ 4.10

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียมที่ทำการพัฒนาแล้วมีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไส้กรอกเวียนนา มาตรฐานเลขที่ มอก. 2300-2549 โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 10^{5} โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และมี*เอสเชอริเชีย โคไล* (*Escherichia coli*) โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) น้อยกว่า 3 ในตัวอย่าง 1 กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549)

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการใช้เกลือโพแทสเซียมทดแทนเกลือโซเดียมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม พบว่า การทดแทนเกลือบริโภคด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับแตกต่างกันจะส่งผลต่อคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาในด้านความแข็ง (hardness) ค่าการยึดติด (adhesiveness) การยืดหยุ่น (springiness) การยึดเกาะ (cohesiveness) ความเหนียวเป็นยาง (gumminess) ความเหนียว (chewiness) และค่าความแน่นเนื้อ (firmness) และคะแนนความชอบของผู้บริโภคในด้านความชอบโดยรวมและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้เกลือโพแทสเซียมที่ระดับร้อยละ 50 และ 25 ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างกับไส้กรอกเวียนนาสูตรปกติ ในขณะที่ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้เกลือโพแทสเซียมที่ระดับร้อยละ 75 และ 100 นั้นผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะต่ำกว่าไส้กรอกเวียนนาสูตรปกติ ดังนั้นเพื่อที่จะศึกษาผลของกรดอะมิโนต่อการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียมจึงพิจารณาใช้เกลือโพแทสเซียมระดับร้อยละ 75 ทดแทนเกลือโซเดียม โดยใช้กรดอะมิโนเพื่อเป็นสารที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ทำการลดปริมาณโซเดียม

จากการศึกษาการการเปรียบเทียบกรดอะมิโน 2 ชนิดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียมคือการใช้แอล-อาร์จินีน และไกลซีน พบว่าการใช้กรดอะมิโนทั้งสองชนิดสามารถที่จะบดบังรสขมที่เกิดขึ้นจากการทดแทนการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ได้ที่ระดับร้อยละ 75 ได้ และเมื่อพิจารณาจากการทดแทนการใช้เกลือด้วยกรดอะมิโนทั้งสองชนิดพบว่า การทดแทนด้วยไกลซีนที่ระดับร้อยละ 15 ในส่วนผสมของเกลือในผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่ได้จะมีคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสและทางด้านประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์สูตรปกติ อีกทั้งกรอดอะมิโนไกลซีนสามารถหาใช้งานได้ง่าย และราคาประหยัด กว่าการใช้แอล-อาร์จินีน

ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดเกลือโซเดียมที่ทำการพัฒนาได้ประกอบไปด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 21.43 ของเกลือที่ใช้ในส่วนผสม เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 59.71 ของเกลือที่ใช้ในส่วนผสม และไกลซีนร้อยละ 18.86 ของเกลือที่ใช้ในส่วนผสม ซึ่ง

ส่วนผสม ของเกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และไกลซีน รวมกันร้อยละ 100 คิดเป็นร้อยละ 1.35 ของส่วนผสมทั้งหมด โดยผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียมที่ผ่านการพัฒนาแล้วนี้จะมีปริมาณโซเดียม 281 มิลลิกรัมต่อร้อยกรัมตัวอย่าง สามารถลดปริมาณโซเดียมลงได้ร้อยละ 50.66 จากสูตรเริ่มต้น โดยที่ลดการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ลงจากสูตรเริ่มต้นได้ถึงร้อยละ 78.57 (100-21.43) ของปริมาณเกลือที่ใช้ในส่วนผสม จึงสามารถกล่าวอ้างตามกฎหมายได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ลดโซเดียม ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์เป็นไปตามตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไส้กรอกเวียนนา มาตรฐานเลขที่ มอก. 2300-2549 ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในด้านความชอบ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสและเนื้อสัมผัส ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนี้มีระดับคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคซึ่งทำการทดสอบด้วยวิธี 9 - point hedonic scale ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลางในทุกคุณลักษณะ

5.2 ข้อเสนอแนะ

การรับประทานอาหารที่มีเกลือโซเดียมสูงมีผลเสียทำให้ความดันโลหิตสูงเพิ่มการรั่วของโปรตีนในปัสสาวะ และมีผลเสียต่อไตโดยตรง นอกจากนี้ยังทำให้หัวใจทำงานหนัก ก่อให้เกิดภาวะหัวใจวายและความดันโลหิตสูงยังส่งผลให้ความดันในสมองเพิ่มขึ้น มีโอกาสเป็นโรคอัมพฤกษ์ อัมพาต จากข้อมูลสถานการณ์การบริโภคเกลือโซเดียมของผู้บริโภคทั่วโลกนั้นเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จากรายงานปริมาณการบริโภคโซเดียมของประชากรทั่วโลกโดยเฉลี่ย 3.6-4.8 กรัมต่อวัน (หรือเท่ากับ 9–12 กรัมของเกลือโซเดียม) พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณการบริโภคโซเดียมในสหราชอาณาจักร เท่ากับ 3.3–3.9 กรัมต่อวัน (หรือเท่ากับ 8.3–10 กรัมของเกลือโซเดียม) ปริมาณการบริโภคโซเดียมของชาวแคนาดาเฉลี่ยเท่ากับ 3.4-3.9 กรัมต่อวัน (หรือเท่ากับ 8.3–10 กรัมของเกลือโซเดียม) (Bureau of Nutritional Sciences, Food Directorate, Health Products and Food Branch, 2012) สำหรับผลการสำรวจปริมาณการบริโภคโซเดียมของคนไทยในปี พ.ศ. 2552-2553 พบว่า คนไทยบริโภคโซเดียมเฉลี่ยถึง 4.2 กรัมต่อวัน (หรือเท่ากับ 10.6 กรัมของเกลือโซเดียม) หรือประมาณ 2 ช้อนชา (สำนักงานโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2554) ทั้งๆที่ทางด้านสาธารณสุขต่างรณรงค์ให้เห็นถึงความสำคัญของการบริโภคอาหารที่มีเกลือโซเดียมน้อย

ปริมาณเกลือโซเดียมสูงสุดที่องค์การอนามัยโลกแนะนำให้รับประทานคือไม่เกิน 5 กรัมต่อวัน หรือเพียง 1 ช้อนชาต่อวัน คิดเป็นปริมาณโซเดียมประมาณ 2 กรัมหรือ 2,000 มิลลิกรัม (World Health Organization and Food Standards Agency, 2010; World Hypertension League, 2009) โดยทางหน่วยงานของรัฐบาลในประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดปริมาณสูงสุดของโซเดียมที่

ได้รับจากการบริโภคให้ไม่เกิน 2.4 กรัม ต่อวัน (คิดเป็นเกลือโซเดียมเท่ากับ 6.05 กรัม ต่อวัน) (USHHA, 2005) เช่นเดียวกับในประเทศไทยสำหรับการทำฉลากโภชนาการกำหนดให้ปริมาณโซเดียมในอาหารไม่เกิน 2.4 กรัม ต่อวันหรือ 2,400 มิลลิกรัมต่อวัน แต่สำหรับข้อกำหนดปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน สำหรับคนไทย พ.ศ. 2546 ที่กำหนดตามกลุ่มอายุ โดยค่าสูงสุดที่กำหนดไว้ในวัยผู้ใหญ่ คือ 1.6 กรัม ต่อวันหรือ 1,600 มิลลิกรัมต่อวัน (สำนักงานโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2554) ในส่วนของ The Institute of Medicine of the U.S. National Academies (IOM) ได้กำหนดปริมาณของโซเดียมอ้างอิง (Dietary Reference Intakes (DRI's) for sodium) โดยปริมาณโซเดียมที่ควรได้รับเพียงพอ (Adequate Intake; AI) คือ 1.5 กรัม ต่อวันหรือ 1500 มิลลิกรัม ต่อวัน สำหรับผู้บริโภคอายุตั้งแต่ 9 - 50 ปี ส่วนปริมาณของโซเดียมที่ไม่ควรบริโภคเกิน (The Tolerable Upper Intake Level; UL) เท่ากับ 2.3 กรัม ต่อวันหรือ 2300 มิลลิกรัม ต่อวัน สำหรับผู้บริโภคอายุตั้งแต่ 14 ปีขึ้นไป (Bureau of Nutritional Sciences, Food Directorate, Health Products and Food Branch, 2012)

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า ผู้บริโภคทั่วโลกกำลังได้รับปริมาณโซเดียมเกินความต้องการ และส่งผลเสียต่อสุขภาพ โดยหน่วยงานผู้รับผิดชอบของหลายๆประเทศได้ตระหนักและให้คำแนะนำถึงปริมาณการบริโภคที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม อาหารสำเร็จรูป และอาหารจากร้านอาหาร ส่วนใหญ่มักจะมีปริมาณเกลือเป็นส่วนประกอบเป็นจำนวนมาก ทำให้ผู้บริโภคไม่มีทางเลือกมากนัก จึงมีการรณรงค์ให้ภาคอุตสาหกรรมอาหารมีส่วนร่วมในการช่วยลดปริมาณโซเดียมในอาหารที่ผลิต จากรายงานของ Institute of Medicine (IOM) ที่มีชื่อว่า "Strategies to Reduce Sodium Intake in the United States" (กลยุทธ์การลดปริมาณเกลือโซเดียมในอาหาร ในประเทศสหรัฐอเมริกา) โดย IOM ได้แนะนำให้หน่วยงานอาหารและยาหรือ FDA ของสหรัฐฯ เปลี่ยนแปลงสถานภาพของเกลือใน GRAS (Generally Recognized As Safe) หรือรายชื่ออาหารที่มีความปลอดภัย สามารถใช้ได้ทั่วไป และออกกฎข้อบังคับในการใช้เกลือโซเดียม ในอาหารแต่ละประเภท ซึ่งคาดว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว จะมีผลกระทบต่ออุตสาหกรรมอาหารทั่วโลก

กลุ่มผู้ประกอบการทางอุตสาหกรรมอาหารในหลายประเทศได้ใส่ใจในเรื่องของการลดปริมาณของโซเดียมในอาหารลง โดยจะเห็นได้ว่ามีผลิตภัณฑ์ที่มีการลดปริมาณโซเดียมออกสู่ตลาดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งรูปแบบที่มีการใช้เกลืออื่นๆเช่น เกลือโปแตสเซียมคลอไรด์ ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ โดยอาจมีการใช้กรดอะมิโนเสริมเข้าไปในสูตรเพื่อบดบังรสขมที่เกิดขึ้นจากการใช้ปริมาณเกลือโปแตสเซียมคลอไรด์ในปริมาณมากดังเช่นในงานวิจัยนี้ หรือแม้แต่การพัฒนาเกลือรูปแบบต่างๆไม่ว่าจะเป็นการปรับโครงสร้าง รูปร่าง ขนาดของอนุภาคของเกลือ หรือการใช้กลิ่นเสริมรสเค็ม เพื่อให้เกลือมีปริมาณโซเดียมลดลงแต่ยังคงมีรสเค็มอยู่ โดยส่วนใหญ่แล้วใน

ระยะเริ่มต้นมักจะมีการลดปริมาณอย่างค่อยเป็นค่อยไปเพื่อไม่ให้กระทบต่อรสชาติของอาหารซึ่งส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค สำหรับตลาดในประเทศไทยเราเริ่มมีผลิตภัณฑ์ลดเกลือโซเดียมอยู่บ้างแต่ยังไม่แพร่หลายมากนัก

หากกล่าวถึงปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์อย่างไส้กรอก ในประเทศไทยนั้น พบว่า ไส้กรอกหมู 30 กรัม จะมีปริมาณโซเดียม 200 มิลลิกรัม คิดเป็น 667 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง (สำนักงานโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2554) ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกทั่วไปของ Irish/UK จะมีปริมาณโซเดียม 433–1080 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง ส่วนผลิตภัณฑ์ไส้กรอกทั่วไปของ US จะมีปริมาณโซเดียม 636 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง (Desmond, 2006) สำหรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกลดโซเดียมที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาด พบว่า ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกลดโซเดียมของ Irish/UK จะมีปริมาณโซเดียม 520–750 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟงค์เฟอร์เตอร์ลดโซเดียมของ US จะมีปริมาณโซเดียม 311 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ในส่วนของ Food Standards Agency UK ได้กำหนดเป้าหมายของปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเท่ากับ 550 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม (Desmond, 2006)

กลยุทธ์ในการลดปริมาณโซเดียมในการบริโภคของประชากรทั่วโลก นอกเหนือจากการลดการบริโภคเกลือโซเดียมของผู้บริโภค ซึ่งบางครั้งนั้นเป็นไปได้ยากในการควบคุมปริมาณ การใช้กลยุทธ์ในการคิดค้นพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารให้มีปริมาณโซเดียมลดลงนั้นถือเป็นส่วนหนึ่งในการลดปริมาณการบริโภคเกลือโซเดียมของประชากรโลกได้ ผลิตภัณฑ์อาหารจากประเทศไทยกำลังเป็นที่นิยมไปทั่วโลก ดังนั้นการสนับสนุนจากภาครัฐและภาคอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะผู้ประกอบการผลิตอาหารส่งออก หากสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารลดเกลือ อาหารเกลือต่ำได้จะเป็นการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพซึ่งมีแนวโน้มความต้องการผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มากขึ้น ซึ่งจะนับได้ว่าสามารถช่วยพัฒนาศักยภาพการแข่งขันในตลาดอาหารระยะยาวต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กมลวรรณ โรจน์สุนทรกิตติ. 2550. *วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.* ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กระทรวงสาธารณสุข. 2541. "ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ.2541 เรื่อง ฉลากโภชนาการ." http://www.fda.moph.go.th/fda-net/html/product/food/ntfmoph/ntf182.htm

ประชาชาติธุรกิจ. 2554. ไส้กรอกซีพีกรุยตลาดเปิดกลยุทธ์การสื่อสารแบบออนไลน์ เน้นเจาะไลฟ์สไตล์วัยทีน. http://www.prachachat.net/news_detail.php?newsid=1300882690&grpid=no&catid=11

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. *เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.* คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

เรณู ปิ่นทอง, ลักขณา รุจนะไกรกานต์และ พัชรีย์พัฒนากูล. 2543. การผลิตไส้กรอกหมูโดยใช้อังคักช่วยเพิ่มสี. วารสารแก่นเกษตร, 28: 89-96.

สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2554. คู่มือการดำเนินงานโครงการหมู่บ้าน/ชุมชน ลด หวาน มัน เค็ม. กรุงเทพฯ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ ทหารผ่านศึก. http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/ main/index.php.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2549. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไส้กรอกเวียนนา. ราชกิจจานุเบกษา ฉ.ประกาศและงานทั่วไป ล.124 ต.พิเศษ 26ง. กรุงเทพฯ.

Bureau of Nutritional Sciences, Food Directorate, Health Products and Food Branch. 2012. Guidance for the food industry on reducing sodium in processed foods. June 2012. 65p.

Campagno, P. C., dos Santos, B. A., Morgano, M. A., Terra, N. N. and Pollonio, M. A. 2011. Application of lysine, taurine, disodium inosinate and disodium guanylate in fermented cooked sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. *Meat Sci*., **87 (3)**, 239-243.

Fennema OR. 1996. Water and Ice. In: Fennema, O. R., editor). Food Chemistry.3rd ed. New York: Marcel Dekker Press. p. 55-94.

Gelabert, J., Gou, P., Guerrerol, L. and Arnau, J. 2002. Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. *Meat Science*, 65: 833-839.

Gerhard Feiner. 2006. *Meat Products Handbook*. Woodhead Publishing Limited, England.

Gou, P., Guerrero, L., Gelabert, J., and Arnau, J. 1996. *Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin*. Meat Science. 42(1): 531–541.

Guardia, M.D., Guerrero, L., Gelabert, J., Gou, P., and Arnau, J. 2008. *Sensory characterisation and*

consumer acceptability of small calibre fermented sausages with 50% substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate. Meat Science.

Hautzinger, P. Regional Training on Meat Canning Technology. Chiang Mai, Thailand. 1999.

Kawai, M. and Hayakawa, Y. 2005. Complex taste – taste of D-amino acid. *Chemical Senses*, 30: 240-241.

Kilcast, D. and Angus, F. 2007. *Reducing salt in foods :Practical strategies*. WoodheadPublishing Limited, England.

Ogawa, T., Nakamura, T., Tsuji, E., Miyanaga, Y., Nakagawa, H., Hirabayashi, H. and Uchida, T. 2004. The combination effect of l-Arginine and NaCl on bitterness suppression of amino acid solutions. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 52 : 172—177.

Matulis, R.J., McKeith, F.K., Sutherland, J.W. and Brewer, M.S. 1995. Sensory characteristics of frankfurters as affected by fat, salt, and pH.*J. of Food Science*, 60: 42-47.

Pamarin Waimaleongora-Ek. 2006. *Sensory characteristics of salt substitute containing l-arginine*. A Thesis. The Department of Food Science. Louisiana State University.

Pearson, A.M. and Gillett, T.A. 1999. *Processed Meats*. Aspen Publishers, Inc. Maryland

Ruusunen, M. and Puolanne, E. 2005. *Reducing sodium intake from meat products.* Meat Science. 70: 531–541.

Seman D. L., D. G. Olson and R. W. Mandigo. 1980. Effect of reduction and partial replacement of sodium on Bologna characteristics and acceptability. J. Food Sci. 45:1116.

Tuomilehto, J., Jousilahti, P., Rastenyte, D., Vladislav, M., Tanskanen,A., & Pietinen, P. 2001. *Urinary sodium excretion and cardiovascular mortality in Finland: a prospective study*. Lancet. 357: 848–851.

Ventanas, S.,Puolanne, E. andTuorilaT. 2010.Temporal changes of flavour and texture in cooked bologna type sausages as affected by fat and salt content. Meat Science, 85:410–419

Waimaleongora-Ek, P. 2006. *Sensory characteristics of salt substitute containing l-arginine*. Master's thesis. The Department of Food Science. Louisiana State University.

World Health Organization and Food Standards Agency. 2010. Creating an enabling environment for population-based salt reduction strategies. www.naos.aesan.msps.es/naos/.../Creating_an_enabling_environment.pdf.

World Hypertension League. 2009. Salt and high blood pressure. http://www.worldhypertensionleague.org/pages/WHD2009.aspx.

ภาคผนวก

ภาพดำเนินการทดลอง

ประวัติผู้วิจัย

Witoon Prinyawiwatkul, Ph.D.
Professor
Department of Food Science
Louisiana State University and LSU Agricultural Center

♦ EDUCATION

Ph.D.	Food Science and Technology	University of Georgia, Athens, GA (1996)
M.S.	Food Science and Technology	University of Georgia, Athens, GA (1993)
B.Sc.	Agro-Industrial Product Development with a minor in Marketing	Kasetsart University, Thailand (1989)

♦ EMPLOYMENT HISTORY

12/1996-6/2001	Assistant Professor	Louisiana State University and LSU AgCenter
7/2001-6/2005	Associate Professor	Louisiana State University and LSU AgCenter
7/2005-Now	Professor	Louisiana State University and LSU AgCenter
2010-Now	Horace J. Davis Endowed Professorship	

TEACHING HISTORY

FDSC 4076, New Food Product Development (***Capstone Course***), 3 credit hours

FDSC 4095, Principles of Sensory Evaluation of Foods (***Required Course***), 4 credit hours

Major Areas of Research Interest

(1) Value-added new food product research and development from Louisiana agricultural, seafood and aquacultural byproducts and wastes from processing plants;

(2) Sensory science and evaluation methods as a driving force and tool for the development of new products;

(3) Consumer-oriented product optimization and acceptance as a primary tool for the success of new products in the market;

(4) Use of statistical methods and analyses as a tool for assisting the interpretation of complex sensory and consumer results;

(5) Functional properties of raw materials as affected by product formulation and process conditions which influence overall sensory properties of end products;

INTERNATIONAL INSTRUCTIONAL CONTRIBUTIONS AND ACTIVITIES

International seminars, short courses and workshops related to sensory sciences and product development (a total of **55** in Thailand, Ukraine, Venezuela, Mexico, Honduras).

HONORS AND RECOGNITIONS FOR TEACHING & RESEARCH ACCOMPLISHMENTS

2010 Gamma Sigma Delta (the Honor Society of Agriculture) Distinguished Achievement to Agriculture Award, Louisiana State University Chapter.

2010 Horace J. Davis Endowed Professorship in Food Science

2008 LSU Alumni Association Faculty Excellence Award
2007 College of Agriculture Alumni Award for Excellence in Teaching

2007 Gamma Sigma Delta (the Honor Society of Agriculture) Research Award of Merit, Louisiana State University Chapter

2006 LSU Distinguished Faculty Award

2005 National Association of Colleges and Teachers of Agriculture (NACTA) Teaching Award

2005 Gamma Sigma Delta (the Honor Society of Agriculture) Teaching Award of Merit, Louisiana State University Chapter

2005 LSU Tiger Athletic Foundation President's Award

2004 LSU Advisor of the Year awarded by the University College

2004 LSU College of Agriculture Sedberry Undergraduate Teaching Award

2003 LSU Outstanding Teacher awarded by the LSU Student Government, Department of Academic Affairs

2010, 2009, 2008, 2007, 2006, 2005, 2004, 2003, 2002, 2001, 2000, 1999, 1998 (13 consecutive years) The Gamma Sigma Delta Award of Merit Teacher Honor Roll, LSU College of Agriculture

1999 The Tiger Athletic Foundation Award for Outstanding Teacher (Assistant Professor), LSU College of Agriculture

Adjunct Professor and Graduate Faculty

- University of Maryland Eastern Shore (UMES). March 2005-March 2008
- Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand. 5 years (2005-2009)
- Kasetsart University, Bangkok, Thailand (2005-now)
- A Special Lecturer for the Ph.D. Program in Agro-Industry Product Development, Division of Product Development Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University (July 2011-now)

Major/Minor Professor: 22 M.S. students
Major/Minor Professor: 15 Ph.D. students

Co-Major Professor for other and Foreign Universities: 2 M.S. students
Committee Member: 35 M.S. students
Committee Member: 22 Ph.D. students

BOOK AND BOOK CHAPTER: 1 book and 5 book chapters

REFEREED SCIENTIFIC ARTICLES*:* A total of 108

Domestic and International Professional Presentations: > 230

EDITORIAL BOARD FOR REFEREED SCIENTIFIC JOURNALS

Associate Editor and Editorial Board, Journal of Food Science, Sensory and Food Quality Section (2008-present)

Associate Editor and Editorial Board, Journal of Food Science, Sensory and Nutritive Quality Section (2006-2007)

Associate Editor and Editorial Board, International Journal of Food Science and Technology (2004-present)

Editorial Board, Journal of Food Quality (2005-present)

Editorial Board, Journal of Sensory Studies (2003-present)

OFFICERS OF PROFESSIONAL SOCIETY
(**Institute of Food Technologists, IFT)**

A member of the IFT's Key Issue/Core Science (Sensory Science) Subpanel

Food Science Ambassador. Volunteer to serve as an ambassador for the IFT/Discovery Education program to promote the field of food science.

AMC-IFT Technical Presentation Committee (Term expires 8/31/2006)

President, Phi Tau Sigma (The Honor Society for Food Science), LSU Chapter (term: 2003-2004 and 2004-2005)

Past Chair and Nomination Chair, the IFT Product Development Division (a one-year term: 2007-2008)

Chair, the IFT Product Development Division (a one-year term: 2006-2007)

Chair-Elect, the IFT Product Development Division (a one-year term: 2005)

Past Chair and the Nomination Chair, Louisiana Gulf Coast Section of the Institute of Food Technologists (IFT) (2003-2004)

Chair, Louisiana Gulf Coast Section of the Institute of Food Technologists (IFT) (2002-2003)

Chair-Elect, Louisiana Gulf Coast Section of the Institute of Food Technologists (IFT) (2001-02)

Award:

The 2013 IFT Fellow

ประวัติ

ชื่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจินดา ศรีวัฒนะ

Dr. Sujinda Sriwattana, Assistance Professor

ประวัติการศึกษา

- Ph.D. (Agro-Industrial Product Development)

Kasetsart University, THAILAND. (2003) (Joint research program:Dept. of Food Science and Technology, The University of Georgia, USA)

- M.Sc. (Agro-Industrial Product Development)

Kasetsart University, THAILAND. (1991)

- B.Sc. (Food Science and Technology)

Chiang Mai University, THAILAND. (1986)

ประสบการณ์การทำงาน

2548 - ปัจจุบัน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2550 – 2553	หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร
2551 และ 2553	หัวหน้าคณะทำงานพิจารณาตรวจสอบและกลั่นกรองการคัดสรรสุดยอดหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ไทย ประเภทอาหารของจังหวัดเชียงใหม่
2539 – 2542	หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร
2530 - 2548	อาจารย์
2529 - 2530	บริษัทซีแพค(ประเทศไทย)จำกัด

ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง

- รองคณบดี คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ประธานกรรมการหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต และปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ประธานกรรมการบริหารหน่วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และการทดสอบผู้บริโภค คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ที่ปรึกษาระบบ GMP และ HACCP ในความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ สถาบันอาหารฯ
- ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิค ภายใต้โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของ อุตสาหกรรมไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ'

หนังสือ:

สุจินดา ศรีวัฒนะ. 2547. เทคโนโลยีผู้บริโภค. ใน: นิธิยา รัตนาปนนท์ และ ไพโรจน์ วิริยจารี. (บรรณาธิการ), เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร. TRIO Advertising & Media Co., Ltd. เชียงใหม่.

ผลงานทางวิชาการ: (ย้อนหลัง 5 ปี)

Torrico D. D., Janes M.E., No H. K., **Sriwattana S.,** and Prinyawiwatkul W. 2013. Storage Time and Temperature Affect Antimicrobial Activity of Chitosan Solutions against *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7. J. Chitin Chitosan 18(2), 69-74.

Sriwatana S., Utama-ang, N., Thakeow, P., Senapa J., Phimolsiripol, Y., Surawang, S., Pongsirikul, I., and Sergio Angeli. 2012. Physical,Chemical and Sensory Characterization of the Thai- Crispy Pork Rind 'Kaeb Moo'. CMU.J.Nat.Sci. Special Issue on Agricultural & Natural Resources. 11(1): 181-191.

Tipwichai, B., and **Sriwattana, S**. 2012. Optimization of strawberry-longan bar formulation using response surface methodology. CMU.J.Nat.Sci.Special Issue on Agricultural & Natural Resources. 11(1): 171-180.

Jirangrat W., Ordonez K.C., Wang J., Corredor J.A.H., **Sriwattana S**, and Prinyawiwatkul W. 2012. The 2012 IFT Annual Meeting Technical Program. Las Vegas, U.S.A.

Somthawil S. and **Sriwattan S**. 2012. The use of just about right scales in reformulation of Thai Northern style sausage. The proceeding of 50th Kasetsart University Annual Conference. 31January-2 February, 2012.

Thong-Lor C. and **Sriwattan S.** 2012. Effects of sodium chloride replacement with potassium chloride and potassium lactate on qualities of pork seasoning powder. The proceeding of 50th Kasetsart University Annual Conference. 31January-2 February, 2012.

Somthawil S., Pongsirikul I., Pimolsiripol Y., Sangsuwan J., Leksawasdi N., Thechapun C. and **Sriwattana S.** 2012. Effects of fat replacers on the qualities of Northern Thai style Sausage. International conference "Food and Applied Bioscience" Kantary Hills Hotel, Chiang Mai, Thailand. 6-7 February, 2012.

Sangsuwan J., Yodalai H., Lapirattanakool W., Leucha N., Rattanapanone N. and **Sriwattana S.** 2012. "Effect of packaging materials on shelf life of snack bar" International conference "Food and Applied Bioscience" Kantary Hills Hotel, Chiang Mai, Thailand. 6-7 February, 2012.

Torrico D. D., No H. K., **Sriwattana S**., Ingram D., and Prinyawiwatkul W. 2011. Effects of initial albumen quality and mineral oil-chitosan emulsion coating on internal quality and shelf-life of eggs during room temperature storage. International Journal of Food Science and Technology. 46(9): 1783-1792.

Somthawil S. and **Sriwattan S.** 2012. The use of just about right scales in reformulation of Thai Northern style sausage. The proceeding of 50th Kasetsart University Annual Conference. 31January-2 February, 2012.

Thong-Lor C. and **Sriwattan S.** 2012. Effects of sodium chloride replacement with potassium chloride and potassium lactate on qualities of pork seasoning powder. The proceeding of 50th Kasetsart University Annual Conference. 31January-2 February, 2012.

Somthawil S., Pongsirikul I., Pimolsiripol Y., Sangsuwan J., Leksawasdi N., Thechapun C. and **Sriwattana S.** 2012. Effects of fat replacers on the qualities of Northern Thai style Sausage. International conference "Food and Applied Bioscience." Kantary Hills Hotel, Chiang Mai, Thailand. 6-7 February, 2012.

Sangsuwan J., Yodalai H., Lapirattanakool W., Leucha N., Rattanapanone N. and **Sriwattana S.** 2012. "Effect of packaging materials on shelf life of snack bar" International conference "Food and Applied Bioscience" Kantary Hills Hotel, Chiang Mai, Thailand. 6-7 February, 2012.

Tipwichai, B., and **Sriwattana, S**. 2011. Optimization of strawberry-longan bar formulation using response surface methodology. International conference "the role of agriculture and natural resources on global change (ANGC 2011). Imperial Mae Ping, Chiang Mai, Thailand. November 7, 2011.

Sriwattana, S. , Utama-ang, N., Thakeow, P., Senapa, J., Phimolsiripol, Y., Surawang, S., Pongsirikul, I., and Sergio Angeli. Physical, Chemical and Sensory Characterization of the Thai-Crispy Pork Rind '*Kaeb Moo*'. International conference "the role of agriculture and natural resources on global change (ANGC 2011). Imperial Mae Ping, Chiang Mai, Thailand. November 7, 2011.

Wilailux, C., and **Sriwattana S.** 2011. Development of Reduced Sodium Salt Frankfurter. The 5th TRF-MAG Congress. The Thailand Research Fund. March 30 – April, 2011. Suthi, J.,and **Sriwattana, S**. 2011. Development of reduced fat and sodium porkball. The 3rd NPRU national conference 2011.10 August, 2011.Nakhon Pathom.

Sriwattana, S., Pongsirikul, I., and Decharattanangkul, S. 2011. Quality development of strawberry topping product using osmotic dehydration. The 3rd Thailand Research Symposium. August 30, 2011. Central World, Bangkok.

Walker, J., Boeneke, C. A., **Sriwattana, S.**, Herrera-Corredor, J. A., and Prinyawiwatkul, W. 2010. Consumer Acceptance and Purchase Intent of a Novel Low-Fat Sugar-Free Sherbet Containing Soy Protein. Journal of Food Quality. 33: 27-41.

Wanniyom W., **and Sriwattana, S.** 2010. Development of Passion Fruit Jam Using Passion Rind. The 4th TRF-MAG Congress. The Thailand Research Fund. March 30 – April 1, 2010. Jomtien Palm Beach Hotel and Resort. Pattaya, Chon Buri. p 131.

Wilailux, C., and **Sriwattana S.** 2010. Effects of Sodium Chloride Replacement with Potassium Chloride on Qualities of Frankfurter. The proceeding of 48th Kasetsart University Annual Conference. 3-5 February, 2010. p.1-8.

Garcia, K., **Sriwattana, S.**, No,H.K., Herrera-Corredor, J. A., and Prinyawiwatkul, W. 2009. Sensory Optimization of a Mayonnaise –Type Spread Made with Rice Bran Oil and Soy Protein. J Food Sci. 74(6): S 248- S254.

Wanniyom W., **and Sriwattana, S.** 2009. Potential of Passion Fruit Rind to Substitute the Use of Commercial Low Methoxyl Pectin in Reduce Calorie Passion Fruit Jam. The 13th Nation Graduate Research Conference. May 15-16, 2009. North-Chiang Mai University, Chiang Mai. p 8.

Moonkam Y., **and Sriwattana, S.** 2009. Effect of Maltodextrin and Gum Arabic on the Properties of the Spray Dried Red Powder Extracted from Pitaya Rind.. The 13th Nation Graduate Research Conference. May 15-16, 2009., North-Chiang Mai University, Chiang Mai. p 7.

Kunpanut N., Teerapreyapong N., **and Sriwattana, S.** 2009. Development of Strawberry Topping with no Added Color and Flavor. Industrial Project Undergraduate **Students Conference. March, 2009. Siam Paragon Hall, Bangkok.**

Sriwattana, S., N. Laokuldilok and W. Prinyawiwatkul. 2008. Sensory Optimization of Broken Rice-Based Snacks Fortified with Protein and Fiber**.** J Food Sci. 73(6): S333-S338.

Tipwichai, B., and **Sriwattana, S**. 2008. Consumer Oriented Product Design for Strawberry-Longan Bar. **Mae Fah Luang Symposium on the 10th Anniversary of Mae Fah Luang University** November 26-28, 2008., Chiang Rai, Thailand.

Bunroeng, N., Jankam, P. and **Sriwattana, S.** 2008. Quality Development of Strawberry Jam. Industrial Project Undergraduate Students Conference. March, 2008. Siam Paragon Hall, Bangkok.

Kaewreantong, C., Wiriyakijpholman. and **Sriwattana, S.** 2008. Development of Sweet Pepper Hard Candy. Industrial Project Undergraduate Students Conference. March, 2008. Siam Paragon Hall, Bangkok.