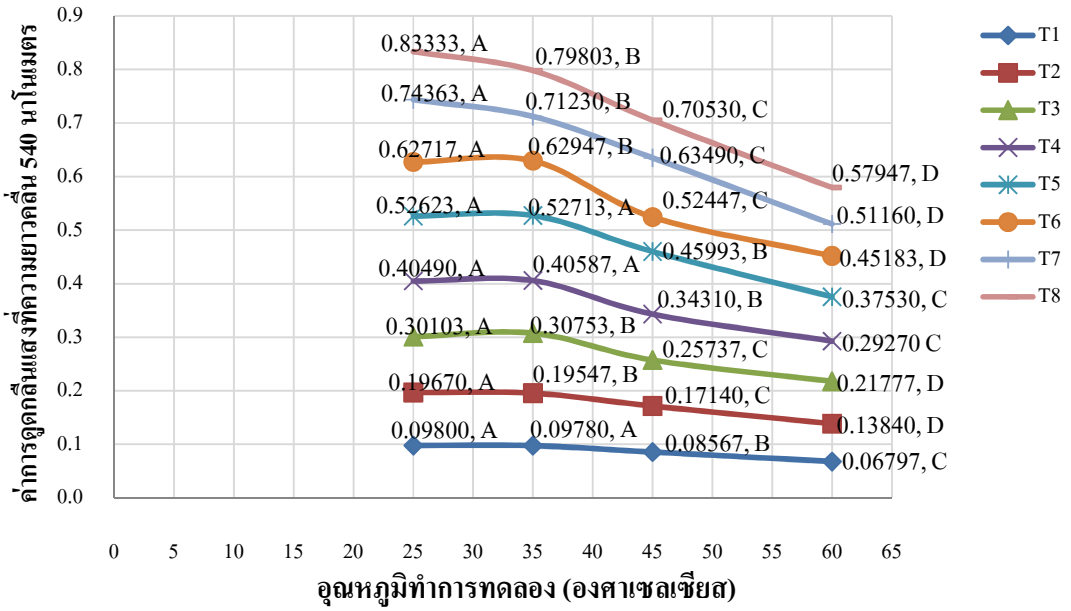
บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ตกค้าง

4.1.1 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ตกค้าง

จากการวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ตกค้างในตัวอย่างสารละลายโซเดียมไนไตรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ด้วยวิธีทางแคลอรีเมตริก (AOAC Official Method 973.31, Nitrites in cured meat, Colorimetric method 2000) โดยควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ทำการทดลอง คือ 25, 35, 45 และ 60 องศาเซลเซียส ได้ผลดังภาพที่ 4.1 ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณไนไตรท์ตกค้าง



ภาพที่ 4.1 : ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายโซเดียมไนไตรท์ที่อุณหภูมิ 25, 35, 45 และ 60 องศาเซลเซียส

ABCD ตัวอักษรกำกับต่างกันในเส้นกราฟเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

T1 ถึง T8 หมายถึง ตัวอย่างสารละลายโซเดียมไนไตรท์ที่ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 และ 1.6 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

จากภาพที่ 4.1 เมื่อพิจารณาค่าการดูดกลืนแสงที่อุณหภูมิการทดลองต่างๆกัน จะพบว่าส่วนใหญ่ค่าการดูดกลืนแสงค่อยๆลดลงเมื่ออุณหภูมิในการทำการทดลองสูงขึ้น และมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในตัวอย่างที่มีความเข้มข้นสูง คือ ตัวอย่างสารละลายโซเดียมไนไตรท์ที่ความเข้มข้น 1.2, 1.4 และ 1.6 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยพบว่าค่าการดูดกลืนแสงที่อุณหภูมิทดลอง 35 องศาเซลเซียส มีค่าน้อยกว่าค่าการดูดกลืนแสงที่อุณหภูมิทดลอง 25 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Narayana และ Sunil (2009) พบว่าการทำปฏิกิริยาต่อ (coupling) ระหว่างไดอะโซเนียมไอออนกับเมธิลแอนธาไนเลท (methyl anthranilate)ได้เป็นสารประกอบให้สีนั้นจะเกิดสีได้ดีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความเข้มสีจะลดลงในกรณีที่อุณหภูมิที่ทำการทดลองสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ตกค้างเป็น 25 องศาเซลเซียส

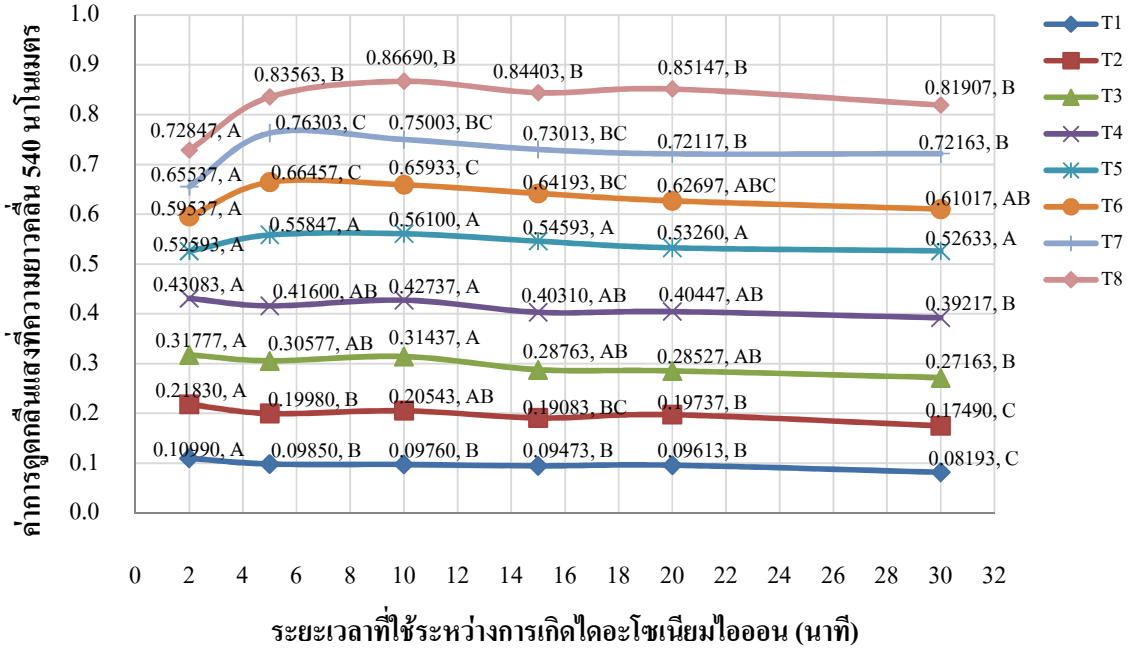
4.1.2 ผลของเวลาต่อการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ตกค้าง

1.) เมื่อทำการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ระหว่างการเกิดไดอะโซเนียมไอออนที่ 2, 5, 10, 15 , 20 และ 30 นาที โดยใช้อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิทำการทดลอง และใช้เวลาการเกิดปฏิกิริยาร่วมกัน (coupling) ระหว่างไดอะโซเนียมไอออนกับ NED (N-(1-naphthyl) ethylenediamine) ตามวิธีของ AOAC (2000) ได้ผลแสดงดังภาพที่ 4.2 ซึ่งพบว่า ระยะเวลา 2 นาทียังไม่เพียงพอให้ไดอะโซเนียมไอออนเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ระยะเวลาที่ใช้ระหว่างการเกิดไดอะโซเนียมไอออนที่ 5, 10 ,15 และ 20 นาที พบว่าค่าการดูดกลืนแสงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีเพียงตัวอย่าง T7 ที่มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 20 นาที แตกต่างจาก 5, 10 และ 15 นาที และเมื่อระยะเวลาที่ใช้ระหว่างการเกิดไดอะโซเนียมไอออนเพิ่มเป็น 30 นาที พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะ 5 นาที ส่วนใหญ่ค่าการดูดกลืนแสงลดลง โดยเฉพาะในกรณี T1, T2, T6 และ T7 มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สาเหตุอาจเกิดจากวงแหวนเอมีนถูกออกซิไดซ์เมื่อสัมผัสกับอากาศเป็นเวลานาน (Song และ Kaylor, 2007).

จากการที่ระยะเวลาที่ใช้รอให้เกิดไดอะโซเนียมไอออนที่ 5, 10 ,15 และ 20 นาที แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกระยะเวลาที่ 5 นาที เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ขั้นต่อไป

2.) เมื่อทำการศึกษาระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไดอะโซเนียมไอออนกับ NED (N-(1-naphthyl) ethylenediamine) ที่ 5, 15, 30, 45 และ60 นาที โดยใช้อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและระยะเวลาที่ใช้ระหว่างการเกิดไดอะโซเนียมไอออน 5 นาที ได้ผลดังภาพที่ 4.3 พบว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นจาก 5 นาที ไปเป็น 15, 30, 35, 45 และ 60 นาที ส่วนใหญ่ถ้าค่าการดูดกลืนแสงมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ยกเว้นเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลา 5 นาที กับที่ระยะเวลา 30, 35, 45 และ 60 นาที ของ T6 และ T7 และ

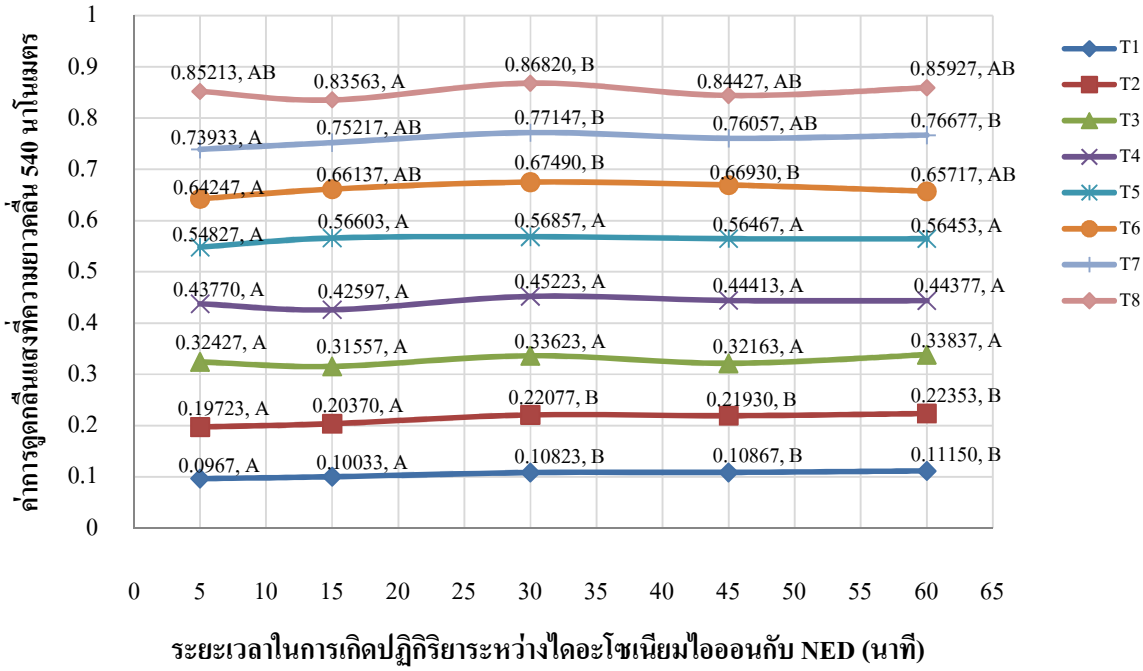
ที่ความเข้มข้นต่ำ T1 และT2 พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่า ระยะเวลา 5 นาที อาจไม่เพียงพอให้ปฏิกิริยาเกิดสมบรูณ์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกสภาวะเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไดอะโซเนียมไอออนกับ NED เป็น 15 นาที ตามวิธีการของ AOAC (2000) ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่เวลา 30, 45 และ 60 นาที



ภาพที่ 4.2 : ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายโซเดียมไนไตรท์ที่ระยะเวลาที่ใช้ระหว่างการเกิดไดอะโซเนียมไอออน 2, 5, 10, 15 , 20 และ 30 นาที

^{ABCD} ตัวอักษรกำกับต่างกันในเส้นกราฟเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

T1 ถึง T8 หมายถึง ตัวอย่างสารละลายโซเดียมไนไตรท์ที่ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 และ 1.6 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ



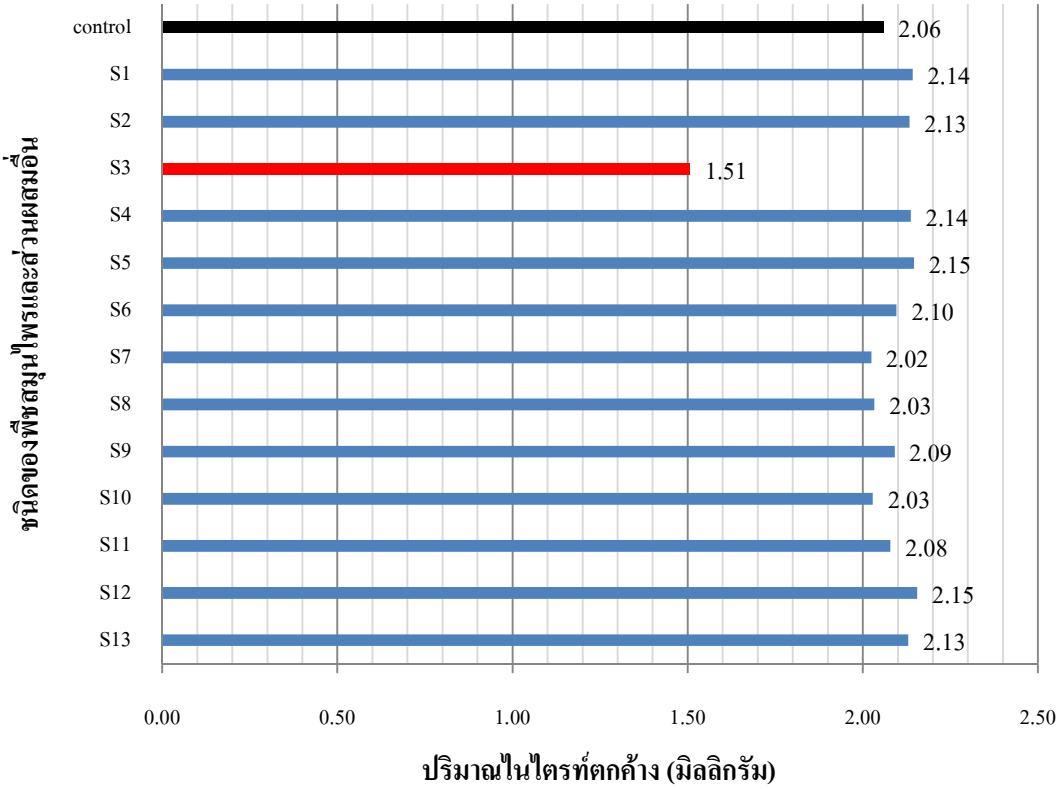
ภาพที่ 4.3 : ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายโซเดียมไนไตรท์ที่ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไดอะโซเนียมไอออนกับ NED 5, 15, 30, 45 และ60 นาที

AB ตัวอักษรกำกับต่างกันในเส้นกราฟเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

T1 ถึง T8 หมายถึง ตัวอย่างสารละลายโซเดียมไนไตรท์ที่ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 และ 1.6 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

4.2 ผลการศึกษาความสามารถด้านการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างของพืชสมุนไพรและส่วนผสมอื่นที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป

ผลการศึกษาความสามารถด้านการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างของเม็ดผักชีป่น อบเชยป่น ปาปรีก้าป่น พริกขี้หนูสวนป่น พริกไทยดำป่น พริกไทยขาวป่น กระเทียมป่น ยี่หร่าป่น ตะไคร้ป่น ข่าป่น ใบมะกรูดป่น โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง และไข่ขาวผง ทำในสภาวะในหลอดทดลอง โดยการเติมพืชสมุนไพรหรือส่วนผสมดังกล่าว ในหลอดทดลองที่มีปริมาณโซเดียมไนไตรท์ 2 มิลลิกรัม (control) ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ตกค้างตามสภาวะที่คัดเลือกได้จากข้อ 4.1 ได้ผลดังภาพที่ 4.4 พบว่าอบเชยป่นมีความสามารถในการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างได้ดีที่สุด โดยมีความสามารถในการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างได้ถึง 26.87 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้เติมสมุนไพร ดังนั้นจึงคัดเลือกอบเชยไปทำการสกัดและศึกษาสมบัติด้านต่างๆ ในการศึกษาต่อไป



ภาพที่ 4.4 : ความสามารถด้านการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างของพืชสมุนไพรและส่วนผสมอื่นที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป

S1-S13 หมายถึง โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ไข่ขาวผง อบเชยป่น เม็ดผักชีป่น ใบมะกรูดป่น พริกขี้หนู-สวนป่น ข่าป่น ปาปรีก้าป่น พริกไทยดำป่น กระเทียมป่น ตะไคร้ป่น ยี่หร่าป่น และ พริกไทย-ขาวป่น ตามลำดับ

4.3 ผลการศึกษาสมบัติของสารสกัดอบเชย

4.3.1 ลักษณะทางกายภาพของสารสกัดอบเชย

เมื่อทำการสกัดเปลือกอบเชย 40 กรัม ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง และระเหยตัวทำละลายโดยใช้เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (rotary evaporator) จะได้สารสกัดเริ่มต้น (CE) หนัก 10 กรัม มีสีน้ำตาลเข้ม กลิ่นหอมอบเชยชัดเจนและมีลักษณะหนืดเคลือบติดขวดแก้วขุดออกได้ยาก เมื่อทดสอบรสชาติพบว่าสารสกัดที่ได้มีรสหวานที่ปลายลิ้นและมีรสขมมากทิ้งท้ายเมื่ออมหรือกลืน (รสขมคล้ายแอลกอฮอล์) แต่เมื่อเกลี่ยสารสกัดอบเชยให้บางและวางทิ้งไว้ในที่อากาศถ่ายเทนาน 2 วัน พบว่าสารสกัดจะแห้งสนิทกะเทาะออกได้เป็นผงสีน้ำตาลแดงมีรสหวานเช่นเดียวกับผงอบเชยก่อนนำมาสกัด

จึงอาจสรุปได้ว่ารสขมของสารสกัดอบเชยมาจากตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด คือ เอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์

ด้านสมบัติการละลายเมื่อทำการทดสอบสมบัติในการละลายของผงสารสกัดอบเชยที่แห้งสนิท โดยแช่ผงสารสกัดอบเชยที่แห้งสนิทในน้ำและเอธานอลที่ความเข้มข้นต่างๆพบว่า ผงสารสกัดอบเชยที่แห้งสนิทนั้นไม่มีสมบัติในการละลายน้ำแต่จะละลายได้ดีในเอธานอลที่ความเข้มข้นสูงคือตั้งแต่เอธานอล 40 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ส่วนเอธานอลที่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ จะเกิดการละลายในช่วงแรกแต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที สารสกัดอบเชยจะเกิดการตกอยู่ด้านล่าง

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total polyphenol contents)

จากการนำสารสกัดอบเชยไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดพบว่าสารสกัดอบเชย (*Cinnanomum burmanii Blume*) มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 362.57 ± 26.38 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อสารสกัดเริ่มต้น 1 กรัม หรือเท่ากับ 90.64 ± 6.59 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่ออบเชยป่น 1 กรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในอบเชยสายพันธุ์อื่นๆดังนี้ Mathew และ Abraham (2006) ได้ศึกษาสมบัติของสารสกัดจากเปลือกอบเชย (*Cinnamomum verum*) พบว่าสารสกัดจากเปลือกอบเชยที่ใช้เมธานอลเป็นตัวทำละลาย มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 289.0 ± 2.2 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อสารสกัดเริ่มต้น 1 กรัม Ho และคณะ (2008) พบว่าสารสกัดจากเปลือกอบเชย (*Cinnamomum cassia* Presl) มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 269 ± 3 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อสารสกัดเริ่มต้น 1 กรัม นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับสารสกัดจากพืชสมุนไพรชนิดอื่น พบว่าสารสกัดอบเชย (*Cinnanomum burmanii* Blume) มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด มากกว่า โรสแมรี่ (rosemary) ยี่หร่าฝรั่ง (fennel) จันทน์เทศ (nutmeg) ออริกาโน (oregano) (Kong และคณะ , 2010) องุ่นที่นิยมใช้ทำไวน์ในประเทศบราซิล 4 สายพันธุ์ Cabernet Sauvignon, Merlot, Bordeaux และ Isabel (Rockenbach และคณะ, 2011)

4.3.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างของสารสกัดอบเชย

เมื่อนำสารสกัดอบเชยมาวิเคราะห์ความสามารถในการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างโดยเติมสารสกัดอบเชยที่ความเข้มข้นระดับต่างๆคือ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลดังตารางที่ 4.1 พบว่าสารสกัดอบเชยมีความสามารถในการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างและความสามารถในการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างนั้นจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัดอบเชยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งตัวอย่าง

ที่มีการเติมสารสกัดอบเชย 0.5 เปอร์เซ็นต์ จะมีความสามารถในการทำลายไนไตรท์ (nitrite scavenging) ดีที่สุดที่ 65.89 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (control) ที่ไม่มีการเติมสารสกัด

ตารางที่ 4.1 ความสามารถในการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างของสารสกัดอบเชยที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

ความเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณไนไตรท์ตกค้าง (ไมโครกรัม)	ความสามารถในการทำลายไนไตรท์ (เปอร์เซ็นต์)
control	1830.76 ± 2.48^{a}	0.00^{a}
0.1	1371.55 ± 32.71^{b}	25.08^{b}
0.2	1076.27 ± 31.07^{c}	41.21^{c}
0.3	881.60 ± 34.41^{d}	51.85^{d}
0.4	784.94 ± 33.13^{e}	57.13^{e}
0.5	624.53 ± 15.31^{f}	65.89^{f}

^{abcdef} อักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างของสารสกัดอบเชยในตารางที่ 4.1 กับสารสกัดชนิดอื่นพบว่า สารสกัดอบเชย 0.5 เปอร์เซ็น หรือ สารสกัดอบเชย 0.5 มิลลิลิตร (ผ่านการชะและปรับปริมาตรด้วยเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ หลังระเหยตัวทำละลาย) มีความสามารถในการทำลายไนไตรท์ สูงกว่าสารสกัดเปลือกส้มที่ใช้เอธานอล 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวทำละลาย โดยสารสกัดเปลือกส้ม 1 มิลลิลิตร มีความสามารถในการทำลายไนไตรท์ 60 % (Kang และคณะ, 2006) นอกจากนี้ Choi และคณะ (2009) พบว่า BHT 1 มิลลิลิตร หรือ สารสกัด *Achyranthis radix* 1 มิลลิลิตร มีความสามารถในการทำลายไนไตรท์ ใกล้เคียงกันคือประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์

4.3.4 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายไนตริกออกไซด์ (nitric oxide scavenging)

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายไนตริกออกไซด์ของสารสกัดอบเชย ปริมาณ 50, 100, 150 และ 200 ไมโครกรัม เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (control) ได้ผลดังตารางที่ 4.2 ซึ่งพบว่าสารสกัดอบเชยมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระไนตริกออกไซด์ โดยค่า เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายไนตริกออกไซด์ จะสูงขึ้นตามปริมาณของสารสกัดอบเชยที่เติมลงไป ซึ่งสารสกัดอบเชยปริมาณ 200 ไมโครกรัม จะมี เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำลายไนตริกออกไซด์ สูงถึง 63.04 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้เติมสารสกัด และเมื่อเปรียบเทียบ เปอร์เซ็นต์

ความสามารถในการทำลายไนตริกออกไซด์ระหว่างสกัดอบเชยกับสารสกัดของต้นโบราจ (*Coleus aromaticus*) (Kumaran และ Joelkarunakaran, 2006) พบว่าสารสกัดอบเชย มีเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายไนตริกออกไซด์มากกว่าสารสกัดของต้นโบราจ ซึ่งสารสกัดของต้นโบราจความเข้มข้น 200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายไนตริกออกไซด์ เท่ากับ 55.6 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.2 ความสามารถในการทำลายไนตริกออกไซด์ของสารสกัดอบเชยที่ระดับต่างๆ

ปริมาณสารสกัด (ไมโครกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร	ความสามารถในการทำลายไนตริกออกไซด์ (เปอร์เซ็นต์)
0 (control)	0.8876 ± 0.0065^{a}	0^{a}
50	0.7097 ± 0.0093^{b}	20.04^{b}
100	0.6234 ± 0.0050^{c}	29.77^{c}
150	0.5244 ± 0.0039^{d}	40.92^{d}
200	0.3281 ± 0.0036^{e}	63.04^{e}

^{abcde} อักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3.5 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายเปอร์ออกซิไนไตรท์ (peroxynitrite scavenging)

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายเปอร์ออกซิไนไตรท์โดยใช้ โดยใช้อีเว้นท์บลู (evans blue) เป็นสารสีในการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 611 นาโนเมตร ได้ผลดังตารางที่ 4.3 พบว่าสารสกัดอบเชยที่ปริมาณ 6 ถึง 400 ไมโครกรัม มีความสามารถในการทำลายเปอร์ออกซิไนไตรท์ได้เล็กน้อย ซึ่งสารละลายที่ได้จะเปลี่ยนจากสีฟ้า (ควบคุม) เป็นสีฟ้าอ่อนเกือบไม่มีสี แต่ถ้าปริมาณสารสกัดอบเชยที่ใช้หากน้อยกว่า 6 ไมโครกรัม สีของสารละลายที่ได้จะไม่เปลี่ยนแปลง และถ้าหากใช้ปริมาณสารสกัดอบเชยสูงกว่า 400 ไมโครกรัม จะพบว่าค่าความสามารถในการทำลายเปอร์ออกซิไนไตรท์จะลดต่ำลง เนื่องจากสีของสารสกัดอบเชย (สีน้ำตาล) มีผลต่อการวัดค่าการดูดกลืนแสง ส่งผลให้สีของสารละลายที่ได้เปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีฟ้าอมเขียวจนถึงสีเขียวอ่อน

เมื่อทำการเปรียบเทียบกับสารสกัดจากพืชชนิดอื่นได้แก่ สารสกัดจากผลของต้น *Terminalia chebula* Retz, *Terminalia belerica* Roxb, และ *Emblica officinalis* Gaertn (Hazra และคณะ, 2010) พบว่าสารสกัดอบเชยมีความสามารถในการทำลายเปอร์ออกซิไนไตรท์ได้น้อยกว่าเมื่อใช้ปริมาณสารสกัดที่เท่ากัน

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการทำลายเปอร์ออกซิไนไตรท์ของสารสกัดอบเชยที่ระดับต่างๆ

ปริมาณสารสกัด (ไมโครกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 611 นาโนเมตร	ความสามารถในการทำลายเปอร์ออกซิไนไตรท์ (เปอร์เซ็นต์)
0	0.3311 ± 0.0068^{efg}	0.00
1.5	0.3315 ± 0.0032^{efg}	-0.11
3.0	0.3321 ± 0.0059^{efg}	-0.30
4.5	0.3339 ± 0.0058^{fg}	-0.85
6.0	0.3274 ± 0.0009^{def}	1.13
9.0	0.3241 ± 0.0061^{def}	2.10
12.0	0.3244 ± 0.0019^{def}	2.01
15.0	0.3238 ± 0.0050^{def}	2.19
30.0	0.3215 ± 0.0023^{cde}	2.91
50.0	0.3182 ± 0.0044^{bcd}	3.91
100.0	0.3165 ± 0.0012^{abcd}	4.41
150.0	0.3121 ± 0.0044^{abc}	5.73
200.0	0.3120 ± 0.0015^{abc}	5.78
300.0	0.3052 ± 0.0050^{a}	7.81
400.0	0.3093 ± 0.0021^{ab}	6.57
500.0	0.3397 ± 0.0045^{g}	-2.61
600.0	0.3702 ± 0.0157^{h}	-11.81
700.0	0.4780 ± 0.0092^{i}	-44.38
800.0	0.6118 ± 0.0109^{k}	-84.78
900.0	0.5349 ± 0.0097^{j}	-61.56
1000.0	0.5362 ± 0.0022^{j}	-61.96

^{abcdefghijk} อักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.4 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างของสารสกัดอบเชยในไส้กรอกหมูรมควัน

4.4.1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างของสารสกัดอบเชยในไส้กรอกหมูรมควันและการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่างการเก็บรักษา

จากการเติมสารสกัดอบเชยปริมาณ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ลงในไส้กรอกหมูรมควันเพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างได้ผลดังตารางที่ 4.4 พบว่าไส้กรอกหมูรมควันที่เติมสารสกัดอบเชยจะมีปริมาณไนไตรท์ตกค้างน้อยกว่าไส้กรอกหมูรมควันที่ไม่เติมสารสกัด (control) และในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกหมูรมควันจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกๆความเข้มข้น อย่างไรก็ตามค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าสารสกัดอบเชยที่เติมไม่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลง และเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นเป็น 5 วัน ค่าความเป็นกรดด่างไม่เปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากการอบและการต้มไส้กรอกที่ 75 องศาเซลเซียส นานรวม 1 ชั่วโมง รวมทั้งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ช่วยชลอหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียในกลุ่มที่สร้างกรดแลคติค ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน

ตารางที่ 4.4 ปริมาณไนไตรท์ตกค้าง (ppm) ของไส้กรอกหมูรมควันที่เติมสารสกัดอบเชยที่ระดับต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา

สารสกัดอบเชย (เปอร์เซ็นต์)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)			
	0	1	3	5
0 (control)	$168.14 \pm 0.30^{c, A}$	$162.52 \pm 0.23^{a, B}$	$145.56 \pm 1.05^{a, C}$	$123.19 \pm 1.18^{a, D}$
0.1	$167.84 \pm 0.21^{c, A}$	$161.33 \pm 0.08^{b, B}$	$142.92 \pm 0.75^{b, C}$	$112.86 \pm 1.38^{b, D}$
0.2	$166.33 \pm 1.07^{d, A}$	$160.79 \pm 0.24^{c, B}$	$141.07 \pm 0.58^{c, C}$	$110.82 \pm 3.12^{bc, D}$
0.3	$166.82 \pm 0.37^{cd, A}$	$160.16 \pm 0.26^{d, B}$	$138.75 \pm 1.05^{d, C}$	$108.35 \pm 1.09^{cd, D}$
0.4	$166.39 \pm 1.08^{d, A}$	$158.87 \pm 0.30^{e, B}$	$136.42 \pm 0.81^{e, C}$	$107.27 \pm 1.14^{d, D}$
0.5	$166.23 \pm 0.73^{d, A}$	$157.67 \pm 0.40^{f, B}$	$133.56 \pm 1.34^{f, C}$	$105.77 \pm 2.01^{d, D}$

^{abcdef} อักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ABCD} อักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่างการเก็บรักษาของไส้กรอกหมูรมควันที่เติมสารสกัดอบเชยที่ระดับต่างๆ

ความเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน) [ns]			
	0	1	3	5
0 (control)	6.21	6.18	6.16	6.18
0.1	6.20	6.18	6.19	6.17
0.2	6.19	6.18	6.14	6.18
0.3	6.20	6.18	6.16	6.18
0.4	6.20	6.19	6.19	6.18
0.5	6.20	6.20	6.20	6.19

[ns] อักษรกำกับแสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบ เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายไนไตรท์ ของสารสกัดอบเชยกรณีวิเคราะห์ในหลอดทดลอง (ตารางที่ 4.1) กับกรณีวิเคราะห์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูรมควัน (ตารางที่ 4.4) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายไนไตรท์ ของสารสกัดอบเชยกรณีวิเคราะห์ในหลอดทดลองมีค่าสูงกว่ากรณีวิเคราะห์ในไส้กรอกหมูรมควันมาก ดังแสดงในตารางที่ 4.6 อาจเนื่องมาจากในตัวอย่างไส้กรอกหมูรมควันมีสารประกอบอื่น เช่น โปรตีน ไขมัน เกลือ ฯลฯ ที่อาจขัดขวางการเข้าทำปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดและไนไตรท์ หรือสภาวะในการผลิตไส้กรอก เช่น การตีปั่น การใช้ความร้อน อาจทำให้โครงสร้างของสารสกัดอบเชยเปลี่ยนแปลงไป เป็นผลให้ความสามารถในการทำลายไนไตรท์ ลดลง Pedraza-Chaverrí และคณะ (2007) ได้ศึกษาผลของความร้อนที่มีต่อความสามารถในการทำลายเปอร์ออกซิไนไตรท์ของสารสกัดกระเทียมพบว่า ความร้อนส่งผลต่อสมบัติด้านต่างๆของสารสกัดกระเทียม และลดความสามารถในการทำลายเปอร์ออกซิไนไตรท์ของสารสกัดกระเทียม นอกจากนี้สมบัติการละลายก็มีผลต่อการทำหน้าที่ของสารสกัด เช่น งานวิจัยของ Lara และคณะ (2011) พบว่า สารสกัดโรสแมรี่ และ BHT มีสมบัติการเป็นแอนติออกซิแดนท์ในแพตตี้หมูดีกว่าสารสกัดสะระแหน่ (lemon balm) เนื่องจากสารสกัดสะระแหน่นั้นสามารถละลายได้ดีในน้ำ แต่สารสกัดโรสแมรี่และ BHT สามารถละลายได้ในไขมันหรือน้ำมันในแพตตี้หมู

จากการทดสอบรสชาติเบื้องต้นพบว่าไส้กรอกหมูรมควันที่เติมสารสกัดอบเชยมีรสชาติขมของเอธานอลทิ้งไว้ภายหลังกลืน แม้ผ่านช่วงระยะการเก็บวันที่ 5 ความขมก็ไม่ลดลง ดังนั้นในการทดสอบทางประสาทสัมผัสจึงจำเป็นต้องลดปริมาณการเติมสารสกัดอบเชยลง และทดลองใช้วอดก้า 40

เปอร์เซ็นต์เป็นตัวชะสารสกัดภายหลังระเหยตัวทำละลายเอธทานอลออก ก่อนนำมาวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ตกค้างและค่าความเป็นกรดด่างเมื่อเก็บไส้กรอกเป็นเวลาต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างของสารสกัดอบเชยระดับต่างๆ ในตัวอย่างสารละลายโซเดียมไนไตรท์และในตัวอย่างไส้กรอกหมูรมควันเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์)	ตัวอย่างสารละลายโซเดียมไนไตรท์	ตัวอย่างไส้กรอกหมูรมควัน
0.1	25.08	0.73
0.2	41.21	1.07
0.3	51.85	1.46
0.4	57.13	2.25
0.5	65.89	2.99

ตารางที่ 4.7 ปริมาณไนไตรท์ตกค้างของไส้กรอกหมูรมควันที่เติมสารสกัดอบเชยที่ความเข้มข้น 0.04 ถึง 0.08 เปอร์เซ็นต์ระหว่างการเก็บรักษา

ความเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)			
	0	1	3	5
0 (control)	$170.96 \pm 0.18^{ns, A}$	$165.46 \pm 0.38^{ns, B}$	$148.29 \pm 0.62^{ns, C}$	$126.61 \pm 0.37^{b, D}$
0.04	$170.90 \pm 0.32^{ns, A}$	$165.27 \pm 0.46^{ns, B}$	$148.00 \pm 2.51^{ns, C}$	$126.49 \pm 0.39^{b, D}$
0.06	$170.63 \pm 0.24^{ns, A}$	$165.05 \pm 0.67^{ns, B}$	$147.47 \pm 3.39^{ns, C}$	$126.01 \pm 0.11^{ab, D}$
0.08	$170.41 \pm 0.34^{ns, A}$	$164.81 \pm 0.85^{ns, B}$	$147.17 \pm 4.15^{ns, C}$	$125.48 \pm 0.32^{a, D}$

^{ab} อักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ABCD} อักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} อักษรกำกับแสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.8 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่างการเก็บรักษาของไส้กรอกหมูรมควันที่เติมสารสกัดอบเชยที่ความเข้มข้น 0.04 ถึง 0.08 เปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน) [ns]			
	0	1	3	5
0 (control)	6.20	6.20	6.17	6.18
0.04	6.21	6.19	6.18	6.18
0.06	6.20	6.20	6.19	6.19
0.08	6.21	6.20	6.19	6.19

[ns] อักษรกำกับแสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่า จากการใช้วอดก้า 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวชะสารสกัด และลดปริมาณสารสกัดอบเชยที่เติมในไส้กรอกหมูรมควัน เป็น 0.04, 0.06 และ 0.08 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกหมูรมควันที่เติมสารสกัดอบเชยไม่มีความแตกต่างจากไส้กรอกหมูรมควันที่ไม่เติมสารสกัด ทั้งนี้อาจเกิดจากปริมาณสารสกัดอบเชยที่เติมน้อยเกินไปที่จะแสดงความสามารถลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างได้ชัดเจนทางสถิติ อย่างไรก็ตามแต่ปริมาณไนไตรท์ตกค้างจะค่อยๆลดลงภายหลังการเก็บรักษา ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (ตารางที่ 4.7) ผลพบว่าไส้กรอกแต่ละความเข้มข้นมีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตั้งแต่วันแรกตลอดจนวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสอดคล้องกับผลการทดลองในตารางที่ 4.5

4.5 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูรมควันที่เติมสารสกัดอบเชย

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสไส้กรอกหมูรมควันที่เติมสารสกัดอบเชยที่ใช้วอดก้า 40 เปอร์เซ็นต์เป็นตัวชะสารสกัดภายหลังระเหยตัวทำละลายเอธานอล ที่ความเข้มข้น 0.04 ถึง 0.08 เปอร์เซ็น ด้วยวิธีหาอัตราความชอบ (hedonic scaleing) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ฝึกฝน 30 คน ได้ผลดังตารางที่ 4.9 พบว่า เมื่อเติมสารสกัดอบเชย 0.04 เปอร์เซ็นต์ คะแนนด้านกลิ่นไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้สารสกัดอบเชยไม่ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสและสีของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในด้านของรสชาติพบว่า คะแนนด้านรสชาติมีแนวโน้มลดลง เมื่อมีการเติมสารสกัดอบเชย โดยเฉพาะตัวอย่างที่ใช้สารสกัดอบเชย 0.08 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ใช้วอดก้าเป็นตัวชะสารสกัด ผู้ชิมสามารถรับรู้รสขมของเอธานอลได้ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบรวมของผู้ชิมมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณสารสกัดอบเชยที่เติมเพิ่มขึ้นจาก 0.04 ไปหา 0.08 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง

สาเหตุน่าจะมาจาก after taste ของตัวทำละลายเอธานอล ปริมาณสารสกัดอบเชยที่สามารถเติมได้ในการทดลองนี้คือ 0.04 เปอร์เซ็นต์ โดยผู้ชิมให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วงเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย ในงานวิจัยต่อไปจึงควรศึกษาถึงตัวทำละลายอื่นเช่น แอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักผลไม้หรือธัญพืชเพื่อลดปัญหา after taste ที่เกิดจากการใช้เอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ หรืออาจทดลองเติมสารสกัดอบเชยในรูปของผง (powder) โดยการนำสารสกัดภายหลังระเหยตัวทำละลายไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง

ตารางที่ 4.9 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบต่อไส้กรอกหมูรมควันที่เติมสารสกัดอบเชยที่ระดับต่างๆ

ความเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์)	สี ^{ns}	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส ^{ns}	ความชอบรวม
0 (control)	4.73 ± 0.94	4.97 ± 1.13^{a}	5.17 ± 1.26^{a}	4.57 ± 1.14	5.07 ± 1.14^{a}
0.04	4.67 ± 1.06	4.93 ± 0.94^{a}	3.70 ± 1.18^{b}	4.33 ± 0.99	4.40 ± 1.13^{b}
0.06	4.60 ± 1.00	4.23 ± 1.17^{b}	3.20 ± 1.49^{b}	4.20 ± 0.71	3.67 ± 1.06^{c}
0.08	4.40 ± 0.93	4.07 ± 0.98^{b}	2.33 ± 0.88^{c}	4.20 ± 1.03	2.97 ± 1.03^{d}

^{abcd} อักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} อักษรกำกับแสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)