บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 คัดเลือกชนิดของพืชที่มีความเป็นไปได้ทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบที่มีต่อแพตตี้หมูที่เติมผงพืช

พืชพื้นบ้านจำนวน 10 ตัวอย่างที่ใช้วิจัยครั้งนี้ มีกลิ่นรสที่แตกต่างกัน และการเติมลงในแพตตี้หมูมีผลทำให้กลิ่นรสของแพตตี้หมูเปลี่ยนแปลงจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นจึงกำหนดการเติมผงพืชที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ของแพตตี้หมู จากนั้น นำตัวอย่างแพตตี้หมูทั้ง 10 ตัวอย่าง มาคัดเลือก โดยใช้การประเมินความแตกต่างโดยรวม (Overall difference test) ตามวิธีการจัดลำดับคุณภาพ (quality test) ด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ตามวิธีการของ Meilgard และคณะ (1999) พบว่า แพตตี้หมูที่เติมบอนแบ้ว ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด รองลงมา คือ แพตตี้หมูที่เติมทะโล้ ติ้วขาว เมี่ยงป่า และส้มจี้ ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในระดับปานกลาง ส่วนแพตตี้หมูที่เติม พืชอื่นๆ มีคะแนนความชอบโดยรวมต่ำกว่าพืชทั้ง 5 ชนิดที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น (ไม่ได้แสดงผลในตาราง)โดยที่แพตตี้หมูที่เติมพืชที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมระดับต่ำที่สุด ได้แก่ แพตตี้หมูที่เติมมันปลา ก่อข้าว ผักไผ่ ผักชีลาว และผักแปม ทั้งนี้อาจเนื่องจาก การเติมผงพืชในแพตตี้หมูแล้ว ทำให้สี กลิ่น และรสชาติ ของแพตตี้หมูเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก เช่น มีสีเขียวคล้ำ กลิ่นเหม็นเขียว มีรสฝาดหรือขม หรือหลายๆ การเปลี่ยนแปลงร่วมกัน จนผู้ทดสอบไม่ยอมรับคุณภาพ จากผลการทดลองดังกล่าวจึงคัดเลือกพืชที่สามารถใช้เติมในตัวอย่างแพตตี้หมูได้จำนวน 5 ตัวอย่างได้แก่ เมี่ยงป่า ทะโล้ บอนแบ้ว ส้มจี้ และติ้วขาว ซึ่งเป็นแพตตี้หมูที่เติมผงพืชแล้วมีคุณภาพด้านสี และเนื้อสัมผัส ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม (ตัวอย่างที่ไม่เติมสารสกัดจากพืช) แต่มียังคงกลิ่นและรสชาติเฉพาะของพืชชนิดนั้น และยังเป็นที่ยอมรับโดยรวม ที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม

จากนั้นนำตัวอย่างแพตตี้หมูที่ผ่านการคัดเลือกทั้ง 5 ชนิดนี้ไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 7-points hedonic scale ต่อไป โดยพิจารณาคุณภาพด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม กับผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแพตตี้หมูเติมผงพืชชนิดต่างๆ เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

คุณลักษณะประสาทสัมผัส	แพตตี้หมู					
	ควบคุม	เมี่ยงป่า	ทะโล้	บอนแบ้ว	ส้มจี้	ติ้วขาว
สี	5.6±0.9 ^{a}	3.9±1.4 ^{b}	5.0±1.2 ^{a}	5.4±0.9 ^{a}	3.2±1.3 ^{c}	3.5±1.2 ^{bc}
กลิ่นรส	4.4±1.2 ^{a}	3.8±1.4 ^{ab}	4.1±1.2 ^{ab}	4.2±1.3 ^{a}	3.4±1.2 ^{b}	4.0±1.4 ^{ab}
รสชาติ	5.2±0.8 ^{a}	3.3±1.7 ^{b}	4.0±1.2 ^{b}	5.1±1.1 ^{a}	3.7±1.6 ^{b}	3.8±1.6 ^{b}
เนื้อสัมผัส	3.9±1.3 ^{ab}	3.6±1.0 ^{b}	3.5±0.9 ^{b}	4.3±1.3 ^{a}	3.7±1.2 ^{b}	3.7±1.3 ^{b}
ความชอบโดยรวม	5.2±1.2 ^{a}	3.4±1.5 ^{b}	4.0±1.2 ^{b}	5.1±1.1 ^{a}	3.5±1.5 ^{b}	3.8±1.6 ^{b}

หมายเหตุ - พิจารณาอักษรภาษาอังกฤษ ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

คะแนนเฉลี่ยค่าสีของแพตตี้หมูเติมผงบอนแบ้ว (5.4±0.9) และที่เติมผงทะโล้ (5.0±1.2) มีค่าต่ำกว่า ตัวอย่างควบคุม (5.6±0.9) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.1) ทั้งนี้เนื่องจาก ผงบอนแบ้วมีสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งเมื่อเติมลงไปในแพตตี้หมูแล้วจะอยู่ใน

เฉดสีเดียวกับเนื้อที่ผ่านการปรุงสุก ทำให้แยกความแตกต่างได้ไม่ชัดเจน ส่วนผงทะโล้ นั้นมีสีเขียวเข้มกว่าเล็กน้อย เมื่อเติมลงไปในแพตตี้หมูและผ่านการปรุงสุกแล้ว แพตตี้หมูยังคงมีสีเขียวอ่อนๆ แต่อยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบสามารถยอมรับได้ สำหรับผงติ้วขาวจะมีสีเขียวแกมแดง เมื่อเติมลงไปในแพตตี้หมูแล้ว ทำให้มีสีน้ำตาลคล้ำ ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ จึงมีคะแนนเฉลี่ยสีค่าเท่ากับ 3.5±1.2 ส่วนผงเมี่ยงป่า และส้มจี้ ที่มีสีเขียวเข้ม เมื่อผ่านการปรุงสุกแล้ว ทำให้แพตตี้หมูมีสีเขียวมะกอกคล้ำๆ เนื่องจากผงพืชทั้ง 2 ชนิด มีคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อถูกทำลายด้วยความร้อนจะเปลี่ยนจากสีเขียวของคลอโรฟิลล์ให้เป็นฟีโอไฟติน (pheophytin) ที่มีสีเขียวมะกอกคล้ำๆ เนื่องจากมีการสูญเสียแมกนีเซียมและไฟทอลที่เป็นองค์ประกอบ (Schwartz และ Elbe, 1983; Steet และ Tong, 1996; Vongsawasdi และคณะ, 2010) เป็นผลให้ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับต่ำกว่าทะโล้ซึ่งเป็นพืชสีเขียวเช่นเดียวกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ที่เป็นองค์ประกอบในพืชแตกต่างกัน

สำหรับคะแนนในด้านกลิ่นรสนั้น พบว่า แพตตี้หมูที่เติมผงพืชเกือบทุกชนิด ยกเว้น ผงส้มจี้ มีคะแนนทางด้านกลิ่นรสไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ในขณะเดียวกันแพตตี้หมูที่เติมผงพืช ทุกชนิดไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) การที่แพตตี้หมูที่เติมผงส้มจี้ได้รับคะแนนการยอมรับต่ำที่สุดอาจเนื่องจากส้มจี้อาจมีกลิ่นเหม็นเขียวของพืชที่เด่นชัดกว่าพืชชนิดอื่น ส่วนการทดสอบทางด้านรสชาติ พบว่า แพตตี้หมูที่เติมผงบอนแบ้วมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($p>0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากบอนแบ้วมีรสชาติที่อ่อน จึงไม่ทำให้รสชาติของแพตตี้หมูเปลี่ยนแปลงไปจากตัวควบคุม ในขณะที่แพตตี้หมูที่เติมผงพืชอื่นๆ มีรสชาติของพืชแต่ละชนิดเด่นชัด จึงทำให้ได้รับคะแนนการยอมรับต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม สำหรับคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสพบว่าตัวอย่างควบคุมไม่มีความแตกต่างจากแพตตี้หมูที่เติมผงพืชทุกชนิด แต่แพตตี้หมูที่เติมผงบอนแบ้วจะได้รับคะแนนสูงกว่าแพตตี้หมูที่เติมพืชอื่นๆ ทุกชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

นอกจากนี้ยังพบว่าผู้ทดสอบที่ชิมให้การยอมรับแพตตี้หมูที่เติมผงบอนแบ้วในทุกๆด้านของการทดสอบประสาทสัมผัสไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับแพตตี้หมูควบคุม ($p>0.05$) จึงส่งผลให้ตัวอย่างควบคุมและแพตตี้หมูที่เติมผงบอนแบ้วมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าการเติมพืชชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนแพตตี้หมูที่เติมทะโล้มีคะแนนความชอบโดยรวมรองลงมา มีค่าเท่ากับ 4.0±1.2 และมีคะแนนเฉลี่ยในทุกๆด้านที่ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับแพตตี้หมูควบคุม ยกเว้นการยอมรับด้านรสชาติ นอกจากนี้ การทดสอบทางประสาทสัมผัสครั้งนี้เป็นการเติมผงพืช 1 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)ของแพตตี้หมู อาจทำให้เกิดลักษณะที่แตกต่าง ทั้งทางด้านสี กลิ่นรสและเนื้อสัมผัส จนทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับต่ำ ดังนั้นหากลดความเข้มข้นของพืช หรือ การเติมในรูปของสารสกัด อาจลดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสลงได้ ส่งผลให้การยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม บอนแบ้วมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธีการต่างๆต่ำกว่าพืชอื่นๆ จึงไม่เหมาะสมในการเป็นสารกันหืนจากธรรมชาติ แม้ว่าจะได้รับคะแนนการยอมรับสูงกว่าพืชชนิดอื่นๆ และไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม จึงได้คัดเลือกทะโล้ และติ้วขาว ที่มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธีการต่างๆได้ดีมาใช้ในการศึกษาลำดับต่อไป

4.2 ผลของการใช้พืชบดและสารสกัดจากพืช ในแพตตี้หมูปรุงสุกต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

จากผลการวิเคราะห์ทางเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า ทะโล้และติ้วขาวมีศักยภาพเป็นแหล่งสารกันหืนในแพตตี้หมูปรุงสุกได้ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงแบ่งการศึกษาออกเป็น 5 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดของพืช (ทะโล้และติ้วขาว) ลักษณะการเติมพืช 2 แบบ (การเติมตัวอย่างพืชบดและการเติมสารสกัดเข้มข้น) ปริมาณการใช้พืชบด 3 ระดับ (300, 500 และ 700 พีพีเอ็ม) ปริมาณการใช้สารสกัดพืช 3 ระดับ (190, 320 และ 450 พีพีเอ็ม) และระยะเวลาการเก็บรักษาทุกๆ 4 วัน (7 ระยะ) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี ค่า TBARS และค่า *p*-Av

ตัวอย่างควบคุมนั้นมี 3 ตัวอย่างได้แก่ ตัวอย่างที่ไม่เติมสารสกัดจากพืช ตัวอย่างเติมบีเอชทีที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่าง และตัวอย่างที่เติมคาทิชิน ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่าง

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงพืช และสารสกัด ติ้วขาวและทะโล้ ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง แสดงดังตารางที่ 4.5 การเติมผงติ้วขาวและสารสกัดเข้มข้น พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น ระหว่าง 6.15-6.21 และ 6.25-6.27 ตามลำดับ ทั้งนี้ การเติมสารสกัดเข้มข้นมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าผงพืชเล็กน้อย อาจเนื่องจาก ขั้นตอนการเตรียมสารสกัดติ้วขาวเข้มข้นนั้น ได้ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารสกัดให้เป็นกลางก่อนนำมาเติมลงในตัวอย่างแพตตี้หมู

ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูทุกตัวอย่างเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 32 วัน โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ตัวอย่างที่เติมบีเอชที มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.11-6.28 ดังนั้นอาจเนื่องจาก แพตตี้หมูนี้ผ่านการให้ความร้อนในการปรุงสุกทำให้สามารถยับยั้งเอนไซม์ที่มีอยู่ในวัตถุดิบ และลดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารลงได้ อีกทั้งการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างลงได้ (นิธิยา, 2544) ดังนั้นจึงพบการเปลี่ยนแปลงของค่าดังกล่าวเพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับ Das และคณะ (2008) ที่รายงานว่า การเติมถั่วเหลืองบดและ ถั่วเหลืองเต็มเมล็ดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้แพะปรุงสุก สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวทุกๆ 4 วัน ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วันตามแผนการทดลอง

ความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงทะโล้และสารสกัดทะโล้เข้มข้น ในวันที่ 0 พบว่า แพตตี้หมูกลุ่มที่เติมทะโล้ มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างบีเอชทีและตัวอย่างที่เติมคาทิชิน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 6.06-6.16 ส่วนตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เติมสารกันหืนอื่นๆ มีค่าระหว่าง 6.20-6.24 แต่ไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.2) และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาเวลา 32 วัน พบว่า ตัวอย่างทั้งหมดมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.09-6.23 และไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า การเติมผงทะโล้และสารสกัดทะโล้เข้มข้นในปริมาณที่แตกต่างกันมีค่าใกล้เคียงกันมากและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงว่า ผงพืชและสารสกัดพืชไม่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ของอาหารเปลี่ยนแปลงไป สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงทะโล้และสารสกัดทะโล้ทุกๆ 4 วัน ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วันตามแผนการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ตัวอย่างที่เติมสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากพืชทั้ง 2 ชนิด ไม่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างที่เติมสารกันหืนอื่นๆ และเมื่อผ่านการเก็บรักษาไว้ 32 วัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ผลการทดลองนี้ใกล้เคียงกับรายงานของ Choe และคณะ (2010) ที่พบว่า การเติมผงจากใบดอกบัวและผงจากใบบาร์เล่ย์ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของ เนื้อบดปรุงสุก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น เป็นเวลา 10 วันให้มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนปริมาณของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากพืชที่แตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.2 ค่าความเป็นกรด-ด่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างแพตตี้หมู		ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	เวลาการเก็บรักษา (วัน)		
			0	16	32
ควบคุม		-	6.23±0.01 $^{b\text{-}d, A}$	6.18±0.01 $^{cd, B}$	6.16±0.01 $^{de, C}$
บีเอชที		100	6.20±0.03 $^{d, A}$	6.21±0.03 $^{bc, A}$	6.17±0.04 $^{cd, A}$
คาทิชิน		100	6.24±0.01 $^{a\text{-}d, A}$	6.24±0.01 $^{ab, A}$	6.23±0.01 $^{a\text{-}c, B}$
ติ้วขาว	ผง	300	6.15±0.01 $^{e, A}$	6.15±0.05 $^{d, A}$	6.14±0.04 $^{de, A}$
		500	6.15±0.03 $^{e, A}$	6.17±0.01 $^{cd, A}$	6.11±0.01 $^{f, B}$
		700	6.21±0.01 $^{cd, A}$	6.18±0.00 $^{cd, B}$	6.19±0.01 $^{cd, B}$
	สารสกัด	190	6.26±0.08 $^{ab, A}$	6.22±0.08 $^{bc, A}$	6.22±0.10 $^{bc, A}$
		320	6.27±0.01 $^{a, A}$	6.25±0.02 $^{ab, B}$	6.25±0.01 $^{ab, B}$
		450	6.25±0.01 $^{a\text{-}c, A}$	6.29±0.08 $^{a, A}$	6.28±0.07 $^{a, A}$
ทะโล้	ผง	300	6.12±0.11 $^{a, A}$	6.13±0.09 $^{a\text{-}c, A}$	6.15±0.07 $^{a, A}$
		500	6.07±0.18 $^{a, A}$	6.10±0.14 $^{bc, A}$	6.22±0.03 $^{a, A}$
		700	6.06±0.06 $^{a, B}$	6.10±0.04 $^{c, AB}$	6.13±0.03 $^{a, A}$
	สารสกัด	190	6.12±0.16 $^{a, A}$	6.13±0.11 $^{bc, A}$	6.25±0.06 $^{a, A}$
		320	6.12±0.22 $^{a, A}$	6.16±0.16 $^{bc, A}$	6.30±0.03 $^{a, A}$
		450	6.16±0.22 $^{a, A}$	6.19±0.19 $^{bc, A}$	6.33±0.03 $^{a, A}$

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) (พิจารณาจากพืชแต่ละชนิดเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม) และ ตัวอักษร A, B, C ตามแถวแนวนอนที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงค่าสี

แพตตี้หมูมีค่าเฉลี่ยของ L^* (ค่าความสว่าง) a^* (ค่าสีแดง) และ b^* (ค่าสีเหลือง) เท่ากับ 75.13±0.30, 7.62±0.14 และ 6.82±0.38 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) และพบว่า การเติมคาทิชินทำให้ค่าความสว่างกว่าตัวอย่างควบคุมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่ค่า a^* ในแพตตี้ที่เติมบีเอชที และคาทิชินมีค่าเพิ่มขึ้นกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับการเติมผงพืชและสารสกัดพืชในแพตตี้หมู ส่งผลให้ค่าค่าความสว่าง a^* และ b^* เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในทุกๆ ความเข้มข้น โดยการเติมผงติ้วขาวในแพตตี้หมูทำให้ค่าความสว่างลดลงมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ผงทะโล้ สารสกัดทะโล้ และ สารสกัดติ้วขาวตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของผงและสารสกัดติ้วขาวทำให้ค่าความสว่างในแพตตี้หมูลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Han และคณะ (2006) ที่พบว่า การเติม Bokbunja-Pyun ในเนื้อหมูบดปรุงสุก มีผลต่อการลดลงของค่า L^* อีกทั้งยังพบว่าการเติมสารสกัดติ้วขาวมีค่าความสว่างสูงกว่าผงติ้วขาวในแพตตี้หมูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจาก ขั้นตอนการเตรียมสารสกัดเข้มข้นนั้น ได้ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารสกัดให้เป็นกรด อันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คลอโรฟิลล์เกิดการสลายตัว (Koca และคณะ, 2006) อย่างไรก็ตาม การเพิ่มความเข้มข้นของผงทะโล้ และสารสกัดทะโล้ในแพตตี้หมู ไม่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ค่า a^* ของแพตตี้หมูที่เติมพืชพบว่า มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้น แพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาว 300 พีพีเอ็ม และผงทะโล้ 700 พีพีเอ็ม โดยส่วนใหญ่ การเพิ่มปริมาณผงพืชทั้ง 2 ชนิด ทำให้ค่า a^* ลดลง ส่วนการเพิ่มปริมาณสารสกัดพืชมีผลทำให้ค่า a^* เพิ่มขึ้นในแพตตี้หมูที่เติมสารสกัดติ้วขาว แต่การเพิ่มปริมาณสารสกัดทะโล้ในแพตตี้หมูทำให้มีค่า a^* ลดลง สำหรับค่า b^* พบว่า แพตตี้หมูที่เติมสารสกัดติ้วขาว 190 และ 320 พีพีเอ็ม และสารสกัดทะโล้ 190 พีพีเอ็ม ไม่มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Jo และคณะ (2003) ที่รายงานว่า ค่า b^* ของหมูบดปรุงสุก ที่เติมผงชาเขียวสกัด 0.1 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงกว่าตัวควบคุม โดยส่วนใหญ่การเพิ่มปริมาณผงพืช และสารสกัดจากพืชมีผลทำให้ค่า b^* มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นการเติมผงทะโล้

ตารางที่ 4.3 พารามิเตอร์สีของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้

ตัวอย่างแพตตี้หมู		ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	พารามิเตอร์สี		
			L^*	a^*	b^*
ควบคุม		-	75.13±0.30 ^{a}	7.62±0.14 ^{d}	6.82±0.38 ^{c}
บีเอชที		100	75.36±0.22 ^{a}	7.98±0.11 ^{c}	6.54±0.16 ^{c}
คาทิชิน		100	74.30±0.80 ^{b}	7.89±0.10 ^{c}	6.44±0.23 ^{c}
ติ้วขาว	ผง	300	69.75±0.59 ^{e}	7.46±0.20 ^{d}	8.52±0.26 ^{b}
		500	66.22±±1.01 ^{f}	6.91±0.17 ^{e}	10.73±0.23 ^{a}
		700	65.26±0.55 ^{g}	6.87±0.23 ^{e}	10.49±0.25 ^{a}
	สารสกัด	190	71.11±0.54 ^{d}	8.40±0.25 ^{b}	6.62±0.58 ^{c}
		320	72.46±0.52 ^{c}	8.67±0.31 ^{a}	6.69±0.56 ^{c}
		450	70.23±1.71 ^{e}	8.87±0.45 ^{a}	8.48±1.29 ^{b}

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ตัวอย่างแพตตี้หมู		ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	พารามิเตอร์สี		
			L^*	a^*	b^*
ควบคุม		-	75.13±0.30 ^{a}	7.62±0.14 ^{d}	6.82±0.38 ^{c}
บีเอชที		100	75.36±0.22 ^{a}	7.98±0.11 ^{c}	6.54±0.16 ^{c}
คาทิชิน		100	74.30±0.80 ^{b}	7.89±0.10 ^{c}	6.44±0.23 ^{c}
ทะโล้	ผง	300	70.07±0.97 ^{b}	8.35±0.09 ^{a}	6.34±0.26 ^{f}
		500	69.04±1.30 ^{b}	7.57±0.80 ^{c}	7.22±0.37 ^{d}
		700	69.07±2.28 ^{b}	7.02±0.50 ^{d}	6.81±0.19 ^{de}
	สารสกัด	190	70.67±0.60 ^{b}	8.09±0.36 ^{ab}	7.88±0.74 ^{c}
		320	69.61±0.89 ^{b}	8.35±0.28 ^{a}	8.31±0.24 ^{b}
		450	70.22±3.14 ^{b}	6.78±0.54 ^{d}	10.08±0.64 ^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) (พิจารณาจากพืชแต่ละชนิดเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม)

อย่างไรก็ตาม เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า พบว่า แพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวจะมีสีเขียว และเมื่อผ่านการให้ความร้อนจะมีสีคล้ำกว่าตัวอย่างควบคุมมาก ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่างที่ลดลง ในขณะที่ค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้น ส่วนการใช้สารสกัดติ้วขาวจะทำให้แพตตี้หมูมีสีคล้ำกว่าเล็กน้อย สำหรับแพตตี้หมูที่เติมผงทะโล้ จะมีสีออกเหลือง และมีความสว่างกว่าแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวเล็กน้อย สอดคล้องกับค่าความสว่างที่มีค่าสูงกว่าแพตตี้ที่เติมติ้วขาวเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่า ตัวอย่างแพตตี้ที่เติมผงและสารสกัดทะโล้มีสีเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของพืช ซึ่งสอดคล้องกับค่า b^* ที่เพิ่มขึ้น

ค่าความสว่างของแพตตี้หมูควบคุม บีเอชที และ คาทิชิน มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในระหว่างเก็บรักษา เป็นเวลา 32 วัน (ตารางที่ 4.4) แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากรงควัตถุไมโอโกลบินที่มีในเนื้อสัตว์เกิดการออกซิเดชันเปลี่ยนไปเป็นเมทไมโอโกลบิน และเมื่อผ่านกระบวนการปรุงสุกเมทไมโอโกลบินเกิดการเสียสภาพธรรมชาติไป และเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น เมทไมโอโกลบินเกิดเป็นสารออกซิไดซ์โพรไพริน (oxidized prophyrins) ซึ่งมีสีเขียว เหลืองอ่อนๆ (เยาวลักษณ์, 2536)

ส่วนแพตตี้หมูที่เติมพืชและสารสกัดจากพืชเกือบทุกตัวอย่างมีค่าความสว่างคงที่ ($p>0.05$) ในระหว่างเก็บรักษา ยกเว้นการเติมผงติ้วขาว 300 พีพีเอ็ม ที่มีค่าความสว่างลดลงเล็กน้อย ($p<0.05$) และการเติมสารสกัดติ้วขาว 190 และ 450 พีพีเอ็ม ที่มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.3) แสดงว่า รงควัตถุคลอโรฟิลล์ในพืชหรือสารสกัดจากพืชอาจเปลี่ยนรูปไปเป็นฟีโอไฟตินได้ ด้วยการแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมในตำแหน่งของ แมกนีเซียมอะตอมของวงแหวนพอร์ไฟริน (porphyrin) ทำให้มีความคงตัวของสีมากกว่า (Lopez-Ayerra และคณะ, 1998) นอกจากนี้ ติ้วขาวมีองค์ประกอบของกรดคลอโรจีนิกที่ทำหน้าที่ยับยั้งอนุมูลอิสระ และ คีเลทโลหะ (Maisuthisakul และคณะ, 2007a) ส่วนทะโล้มีองค์ประกอบของเควอซีติน (Joshi, 2006) ซึ่งอาจทำหน้าที่ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Lakhanpal และ Rai, 2007) ซึ่งความสามารถดังกล่าว อาจช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน อันเป็นสาเหตุหนึ่งของการ

สลายตัวของคลอโรฟิลล์ ยังเกิดได้จากการทำปฏิกิริยาร่วมกันของหลายสาเหตุ เช่น เอนไซม์กรดอ่อน แสง ออกซิเจน และความร้อน (Koca และคณะ, 2006) สำหรับการเพิ่มปริมาณผงพืช หรือสารสกัดพืช ในแพตตี้หมู พบว่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของแพตตี้หมูในระหว่างการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ทุกๆ 4 วัน ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน ตามแผนการทดลอง

ตารางที่ 4.4 ค่าความสว่าง (L^*) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างแพตตี้หมู		% ความเข้มข้น (โดยน้ำหนัก)	เวลาการเก็บรักษา (วัน)		
			0	16	32
ควบคุม		-	75.13±0.30 $^{a, C}$	76.98±0.42 $^{a, B}$	78.24±0.49 $^{a, A}$
บีเอชที		100	75.36±0.22 $^{a, B}$	75.37±0.79 $^{b, B}$	77.64±0.81 $^{a, A}$
คาทิชิน		100	74.30±0.80 $^{b, B}$	74.37±0.33 $^{c, B}$	75.73±0.53 $^{b, A}$
ติ้วขาว	ผง	300	69.75±0.59 $^{e, A}$	69.84±0.63 $^{f, A}$	68.94±0.59 $^{e, B}$
		500	66.22±±1.01 $^{f, A}$	67.15±0.79 $^{g, A}$	66.54±0.74 $^{f, A}$
		700	65.26±0.55 $^{g, A}$	64.94±0.34 $^{h, A}$	65.09±0.89 $^{g, A}$
	สารสกัด	190	71.11±0.54 $^{d, C}$	72.98±1.13 $^{d, B}$	76.23±0.89 $^{b, A}$
		320	72.46±0.52 $^{c, A}$	70.87±1.72 $^{e, B}$	73.28±1.20 $^{c, A}$
		450	70.23±1.71 $^{e, B}$	71.00±0.88 $^{e, AB}$	71.96±0.99 $^{d, A}$
ทะโล้	ผง	300	70.07±0.97 $^{b, A}$	69.92±0.56 $^{de, A}$	69.47±1.03 $^{d, A}$
		500	69.04±1.30 $^{b, A}$	69.80±0.51 $^{de, A}$	69.26±1.57 $^{d, A}$
		700	69.07±2.28 $^{b, A}$	69.07±1.68 $^{e, A}$	68.74±1.79 $^{d, A}$
	สารสกัด	190	70.67±0.60 $^{b, AB}$	71.42±1.41 $^{c, A}$	69.89±0.82 $^{d, B}$
		320	69.61±0.89 $^{b, A}$	69.17±1.56 $^{e, A}$	69.51±0.12 $^{d, A}$
		450	70.22±3.14 $^{b, A}$	70.76±2.41 $^{cd, A}$	71.12±1.74 $^{c, A}$

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) (พิจารณาจากพืชแต่ละชนิดเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม) และ ตัวอักษร A, B, C ตามแถวแนวนอนที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของแพตตี้หมูในระหว่างเก็บรักษา เป็นเวลา 32 วัน พบว่า แพตตี้หมูควบคุม และบีเอชที มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.4) มีค่า a^* ลดลง 2.5-2.82 สอดคล้องกับรายงานของ Choe และคณะ (2010) ที่พบว่า การเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อการลดลงของค่า a^* ของหมูบดปรุงสุก ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของรงควัตถุไมโอโกลบินในเนื้อสัตว์ตามที่กล่าวมาแล้ว (เยาวลักษณ์, 2536) ในขณะที่แพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน ผงพืชและสารสกัดพืชทุกตัวอย่างมีค่า a^* ลดลงเล็กน้อย ยกเว้นแพตตี้หมูที่เติมสารสกัด ติ้วขาว 190 พีพีเอ็ม ที่มีค่า a^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม

แพตตี้หมูที่เติมผงพืชและสารสกัดมีค่า a^* ในระหว่างเก็บรักษาสูงกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างบีเอชที ดังนั้นแสดงว่า การเติมพืชในแพตตี้หมูสามารถทำให้ค่า a^* มีค่าคงที่ในระหว่างเก็บรักษาได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เติมบีเอชที เนื่องจากสารสำคัญในติ้วขาวและทะโล้มีสมบัติในการให้อิเล็คตรอน ซึ่งอาจช่วยยับยั้งการสร้างเมทไมโอโกลบินในแพตตี้หมูได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับการเติมสารสกัดเปลือกส้มในแบบจำลองเนื้อสัตว์ ของ Jo และคณะ (2003)

ตารางที่ 4.5 ค่าสีแดง (a^*) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างแพตตี้หมู		ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	เวลาการเก็บรักษา (วัน)		
			0	16	32
ควบคุม		-	7.62±0.14 $^{d, A}$	4.92±0.18 $^{f, C}$	5.12±0.21 $^{e, B}$
บีเอชที		100	7.98±0.11 $^{c, A}$	7.53±0.17 $^{d, B}$	5.16±0.25 $^{e, C}$
คาทิชิน		100	7.89±0.10 $^{c, B}$	8.39±0.31 $^{b, A}$	7.51±0.25 $^{b, C}$
ติ้วขาว	ผง	300	7.46±0.20 $^{d, B}$	7.90±0.13 $^{c, A}$	7.72±0.24 $^{b, A}$
		500	6.91±0.17 $^{e, A}$	7.09±0.43 $^{e, A}$	6.82±0.14 $^{c, A}$
		700	6.87±0.23 $^{e, B}$	7.39±0.20 $^{d, A}$	6.48±0.18 $^{d, C}$
	สารสกัด	190	8.40±0.25 $^{b, A}$	7.91±0.41 $^{c, B}$	6.64±0.17 $^{cd, C}$
		320	8.67±0.31 $^{a, A}$	8.86±0.44 $^{a, A}$	8.53±0.28 $^{a, A}$
		450	8.87±0.45 $^{a, A}$	8.34±0.08 $^{b, B}$	8.41±0.58 $^{a, B}$
ทะโล้	ผง	300	8.35±0.09 $^{a, A}$	8.25±0.69 $^{a, A}$	8.53±0.51 $^{a, A}$
		500	7.57±0.80 $^{c, A}$	6.96±0.84 $^{bc, AB}$	6.18±0.84 $^{c, B}$
		700	7.02±0.50 $^{d, A}$	6.62±0.88 $^{c, AB}$	6.05±1.01 $^{c, B}$
	สารสกัด	190	8.09±0.36 $^{ab, AB}$	8.38±0.17 $^{a, A}$	7.80±0.83 $^{b, B}$
		320	8.35±0.28 $^{a, A}$	8.20±0.23 $^{a, A}$	8.51±0.52 $^{a, A}$
		450	6.78±0.54 $^{d, A}$	7.20±0.80 $^{bc, A}$	7.38±0.47 $^{b, A}$

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) (พิจารณาจากพืชแต่ละชนิดเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม) และ ตัวอักษร A, B, C ตามแถวแนวนอนที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ค่าสีเหลือง (b^*) ของแพตตี้หมูตัวอย่างควบคุม และแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 32 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.5) ส่วนแพตตี้หมูที่เติมผงพืชและสารสกัดมีค่า b^* สูงกว่าตัวอย่างควบคุม แต่มีค่า b^* คงที่ ในระหว่างเก็บรักษา ($p>0.05$) ยกเว้นแพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาว ที่มีค่า b^* ลดลง ($p<0.05$) และแพตตี้หมูที่เติมผงทะโล้ 500 และ 700 พีพีเอ็ม ที่มีค่า b^* เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของแพตตี้หมู ในระหว่างเก็บรักษา เป็นเวลา 32 วัน แสดงผลดังตารางที่ 4.11 โดยค่า ΔE เป็นค่าที่คำนวณได้จากความแตกต่างของค่าสี L^*, a^* และ b^* ซึ่งหากค่า ΔE มีค่าสูง แสดงว่า ตัวอย่างแพตตี้หมูมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีในระหว่างเก็บรักษามาก จากการทดลอง พบว่า แพตตี้หมูตัวอย่างควบคุม แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน

มีค่า ΔE เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.79-2.27 เป็น 1.68-4.43 ซึ่งสอดคล้องกับการสังเกตด้วยตาเปล่า ที่พบว่า แพตตี้หมูกลุ่มนี้ มีความแตกต่างจากแพตตี้หมูที่เติมผงพืชและสารสกัดพืชในระหว่างการเก็บรักษาอย่างชัดเจน ในขณะที่แพตตี้ที่เติมผงพืชและสารสกัดพืชมีการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 4 และมีค่าค่อนข้างคงที่ในระหวางการเก็บรักษา ($p<0.05$) แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่า L^* a^* b^* เล็กน้อยในระหว่างเก็บรักษา อาจเนื่องจากสารสำคัญในพืชสามารถป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งจะช่วยในการชะลอการเกิดออกซิเดชันของไมโอโกลบินในเนื้อสัตว์ได้ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ยกเว้นแพตตี้หมูที่เติมสารสกัดติ้วขาว 190 พีพีเอ็ม ที่มีค่า ΔE เพิ่มขึ้น ($p<0.05$)

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ค่าพารามิเตอร์สีของแพตตี้หมูที่เติมสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากพืชทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และ มีการเปลี่ยนแปลงค่า L^* a^* b^* และ ΔE ค่อนข้างคงที่ ($p>0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษา เป็นเวลา 32 วัน ผลการทดลองนี้ใกล้เคียงกับรายงานของ Pereira และคณะ (2010) ที่พบว่าการเติมสารสกัดจากเม็ดมะม่วง ส่งผลให้ค่าพารามิเตอร์สี (L^* a^* และ b^*) ของผลิตภัณฑ์โบโลน่าที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน ให้มีค่าคงที่ ส่วนความเข้มข้นของผงพืชและสารสกัดพืชที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ค่าพารามิเตอร์สีของแพตตี้หมูแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.6 ค่าสีเหลือง (b^*) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างแพตตี้หมู		ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	เวลาการเก็บรักษา (วัน)		
			0	16	32
ควบคุม		-	6.82±0.38 $^{c, C}$	9.60±0.41 $^{b, A}$	8.63±0.26 $^{c, B}$
บีเอชที		100	6.54±0.16 $^{c, C}$	6.99±0.28 $^{ef, B}$	8.17±0.46 $^{d, A}$
คาทิชิน		100	6.44±0.23 $^{c, B}$	6.71±0.20 $^{fg, A}$	6.32±0.20 $^{f, B}$
ติ้วขาว	ผง	300	8.52±0.26 $^{b, A}$	7.71±0.20 $^{d, B}$	7.94±0.28 $^{d, B}$
		500	10.73±0.23 $^{a, A}$	9.20±0.31 $^{c, B}$	8.99±0.30 $^{b, B}$
		700	10.49±0.25 $^{a, A}$	10.39±0.22 $^{a, A}$	9.48±0.26 $^{a, B}$
	สารสกัด	190	6.62±0.58 $^{c, A}$	6.54±0.36 $^{g, A}$	6.29±0.22 $^{f, A}$
		320	6.69±0.56 $^{c, A}$	6.67±0.38 $^{g, A}$	6.71±0.33 $^{e, A}$
		450	8.48±1.29 $^{b, A}$	7.18±0.21 $^{e, B}$	7.98±0.51 $^{d, AB}$
ทะโล้	ผง	300	6.34±0.26 $^{f, A}$	6.21±0.40 $^{e, A}$	6.10±0.47 $^{e, A}$
		500	7.22±0.37 $^{d, B}$	6.93±0.45 $^{cd, B}$	8.61±0.49 $^{bc, A}$
		700	6.81±0.19 $^{de, B}$	6.88±0.85 $^{cd, B}$	8.00±0.69 $^{d, A}$
	สารสกัด	190	7.88±0.74 $^{c, AB}$	7.27±0.40 $^{c, B}$	8.47±0.85 $^{b-d, A}$
		320	8.31±0.24 $^{b, AB}$	8.57±0.30 $^{b, A}$	8.07±0.28 $^{cd, B}$
		450	10.08±0.64 $^{a, A}$	9.52±0.28 $^{a, B}$	9.35±0.31 $^{a, B}$

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) (พิจารณาจากพืชแต่ละชนิดเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม) และ ตัวอักษร A, B, C ตามแถวแนวนอนที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.7 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมติ้วขาวและทะโล้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างแพตตี้หมู		ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	ค่าสีวันที่ 0			ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
			L^*	a^*	b^*	4	8	12	16	20	24	28	32
ควบคุม		-	75.13±0.30	7.62±0.14	6.82±0.38	2.27±0.60 ^{D}	3.16±0.58 ^{C}	3.19±0.65 ^{C}	4.32±0.42 ^{AB}	3.48±0.36 ^{C}	4.11±0.36 ^{AB}	3.73±0.86 ^{BC}	4.43±0.62 ^{A}
บีเอชที		100	75.36±0.22	7.98±0.11	6.54±0.16	0.98±0.28 ^{E}	1.96±0.46 ^{BC}	1.32±0.55 ^{DE}	1.07±0.30 ^{E}	1.45±0.73 $^{C-E}$	2.22±0.36 ^{B}	1.62±0.45 ^{CD}	4.03±0.59 ^{A}
คาทิชิน		100	74.30±0.80	7.89±0.10	6.44±0.23	0.79±0.39 ^{D}	1.06±0.58 $^{B-D}$	0.92±0.63 ^{D}	1.02±0.34 ^{CD}	1.82±0.87 ^{A}	1.10±0.70 $^{A-D}$	1.77±0.59 ^{AB}	1.68±1.01 $^{A-C}$
ติ้วขาว	ผง	300	69.75±0.59	7.46±0.20	8.52±0.26	1.10±0.31 ^{A}	1.24±0.53 ^{A}	1.40±0.66 ^{A}	1.12±0.17 ^{A}	1.43±0.36 ^{A}	1.41±0.62 ^{A}	1.20±0.24 ^{A}	1.24±0.44 ^{A}
		500	65.26±0.55	6.91±0.17	10.49±0.25	1.44±0.42 $^{A-C}$	1.06±0.65 $^{B-D}$	1.55±0.69 ^{AB}	0.90±0.35 ^{D}	0.99±0.38 ^{CD}	1.29±0.39 $^{A-D}$	1.61±0.50 ^{A}	1.45±0.36 $^{A-C}$
		700	66.22±1.01	6.87±0.23	10.73±0.23	2.24±0.90 ^{A}	2.50±0.84 ^{A}	2.37±0.81 ^{A}	2.19±0.62 ^{A}	1.82±0.77 ^{A}	1.87±0.40 ^{A}	2.39±0.43 ^{A}	2.36±0.70 ^{A}
	สารสกัด	190	71.11±0.54	8.40±0.25	6.62±0.58	1.79±1.02 ^{BC}	2.56±1.90 ^{B}	2.27±0.70 ^{BC}	2.15±1.28 ^{BC}	2.79±2.06 ^{B}	1.02±0.62 ^{C}	2.73±0.73 ^{B}	5.51±0.83 ^{A}
		320	72.46±0.52	8.67±0.31	6.69±0.56	1.07±0.47 ^{C}	1.50±0.77 ^{BC}	1.04±0.41 ^{C}	2.45±1.31 ^{AB}	1.77±0.60 ^{BC}	1.35±0.80 ^{BC}	3.11±1.94 ^{A}	1.80±0.72 ^{BC}
		450	70.23±1.71	8.87±0.45	8.48±1.29	3.27±2.14 ^{A}	3.43±1.35 ^{A}	2.88±2.14 ^{A}	1.93±1.29 ^{A}	3.04±1.92 ^{A}	2.46±1.04 ^{A}	3.46±1.90 ^{A}	2.41±1.85 ^{A}
ทะโล้	ผง	300	69.75±0.59	7.46±0.20	8.52±0.26	1.26±0.63 ^{AB}	1.63±0.61 ^{A}	1.07±0.38 ^{AB}	0.97±0.25 ^{B}	1.16±0.63 ^{AB}	1.02±0.31 ^{AB}	1.10±0.73 ^{AB}	1.06±0.61 ^{AB}
		500	65.26±0.55	6.91±0.17	10.49±0.25	2.08±0.92 ^{A}	2.36±01.06 ^{A}	2.15±0.76 ^{A}	1.49±0.77 ^{A}	1.95±1.07 ^{A}	2.06±1.32 ^{A}	1.82±0.82 ^{A}	2.28±0.51 ^{A}
		700	66.22±1.01	6.87±0.23	10.73±0.23	1.65±0.33 ^{BC}	1.86±1.14 $^{A-C}$	1.48±0.25 ^{C}	1.43±0.42 ^{C}	2.50±0.31 ^{A}	2.44±0.83 ^{A}	2.19±0.34 ^{AB}	1.94±0.59 $^{A-C}$
	สารสกัด	190	71.11±0.54	8.40±0.25	6.62±0.58	1.12±0.40 ^{C}	1.07±0.46 ^{C}	1.36±0.76 ^{BC}	1.68±0.74 $^{A-C}$	1.46±0.70 $^{A-C}$	2.38±1.06 ^{A}	2.14±1.08 ^{AB}	1.70±1.09 $^{A-C}$
		320	72.46±0.52	8.67±0.31	6.69±0.56	1.00±0.31 ^{BC}	1.10±0.63 ^{BC}	1.11±0.43 ^{BC}	1.00±0.56 ^{BC}	1.92±0.32 ^{A}	1.67±0.58 ^{AB}	1.68±1.41 ^{AB}	0.77±0.16 ^{C}
		450	70.23±1.71	8.87±0.45	8.48±1.29	1.58±0.93 ^{A}	1.78±0.99 ^{A}	1.75±0.87 ^{A}	1.39±1.14 ^{A}	1.94±0.71 ^{A}	1.91±1.25 ^{A}	2.26±1.23 ^{A}	1.95±1.11 ^{A}

หมายเหตุ: ตัวอักษร A, B, C ตามแถวแนวนอนที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

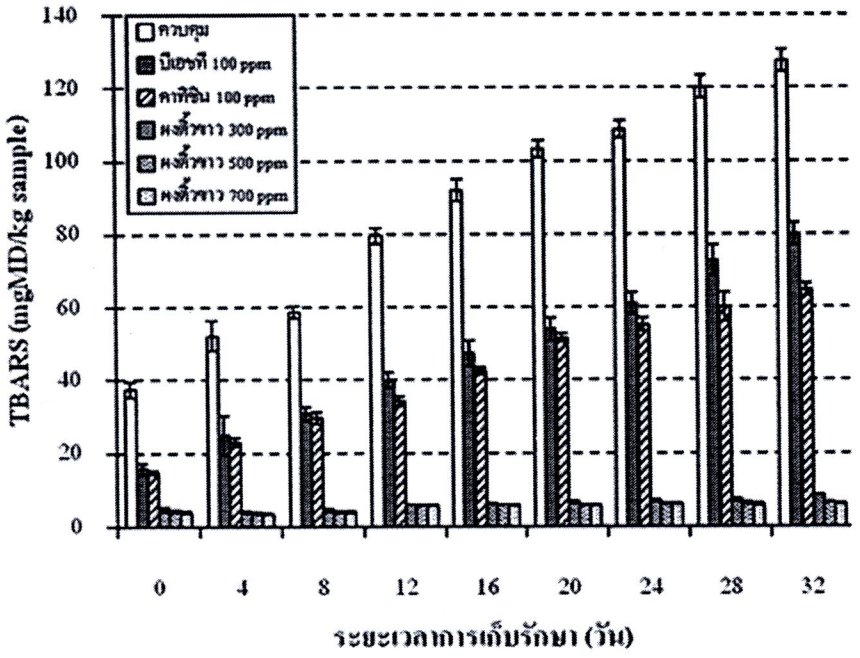
4.2.2 ค่า TBARS

ผลการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของผงติ้วขาว สารสกัดติ้วขาวเข้มข้น ผงทะโล้ และสารสกัดทะโล้เข้มข้น ในแพตตี้หมูปรุงสุกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยการวิเคราะห์ค่า TBARS ทุกๆ 4 วัน เป็นเวลา 32 วัน

- ติ้วขาว

ในวันที่ 0 ตัวอย่างควบคุม(ไม่เติมพืชบด) มีค่า TBARS สูงที่สุด (37.34 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม) รองลงมาได้แก่ แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน มีค่าเท่ากับ 15.79 และ 14.77 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนแพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวที่ความเข้มข้นต่างๆ มีค่า TBARS ระหว่าง 4.04-4.77 มิลลิกรัมมาโลน-ไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 4.1) แสดงให้เห็นว่า ผงติ้วขาว สามารถยับยั้ง การเกิดออกซิเดชันของไขมันในแพตตี้หมูได้ ตั้งแต่ขั้นตอนการบดผสม การบ่มเนื้อที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 6-8 ชั่วโมง และการให้ความร้อนในการปรุงสุก

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันนี้ เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการบดผสม ไปจนถึงการปรุงสุก โดยขั้นตอนการบดผสมนี้ จะทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างไขมันในเนื้อสัมผัสกับออกซิเจนเพิ่มสูงขึ้น และการบ่มเนื้อที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสนั้น เป็นการชะลอการเกิดออกซิเดชัน แต่เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชันที่พบในอาหาร เช่น เอนไซม์ไลเปส หรือเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (http://www.nsru.ac.th/e-learning/meattech/lesson/less12_5.html, 2551) ยังคงมีกิจกรรมอยู่ รวมทั้งยังสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ หรือปฏิกิริยาทางเคมีได้ อาจส่งผลทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ สภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เช่น สภาวะที่มีออกซิเจน จะเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันมากขึ้นด้วย (Juntachote และคณะ, 2006) อีกทั้งในขั้นตอนการให้ความร้อนในกระบวนการปรุงสุกนั้น ทำให้โครงสร้างของกล้ามเนื้อเกิดการสลายตัวและ เป็นตัวกระตุ้นหลักที่ทำให้เกิดการหืนในเนื้อปรุงสุก โดยความร้อนจะไปทำลายโครงสร้างของฮีม (haem) ทำให้ อิออนของเหล็กถูกปลดปล่อยออก (Fernandez-Lopez และคณะ, 2003) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเติมผงติ้วขาวในแพตตี้หมูสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันในขั้นตอนการเตรียมแพตตี้หมูได้ดีกว่าแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 4.1 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผงติ้วขาวเปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

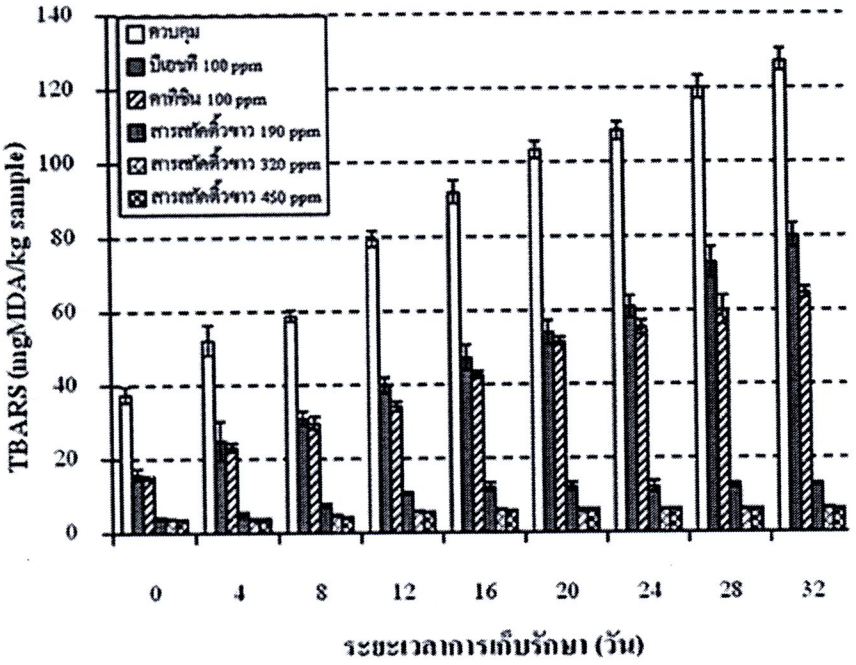
การเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาจาก 0 เป็น 32 วัน ค่า TBARS ในตัวอย่างควบคุม (ไม่เติมพืชบด) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นว่าวิธีการนี้ สามารถใช้ในการตรวจติดตามผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดี โดยตัวอย่างควบคุมมีค่าTBARS เพิ่มขึ้นจาก 37.34±2.15 เป็น 127.35±2.99 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม อีกทั้งยังพบว่า การเติมบีเอชที และคาทิชินที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยการเติมวัตถุกันหืนทั้งสอง เป็นการชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากค่า TBARS เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่การเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ในแพตตี้หมูที่เติม คาทิชินมีค่าต่ำกว่าในแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่าคาทิชินมีประสิทธิภาพดีกว่าบีเอชที สอดคล้องกับ Shahidi และ Alexander (1998) ที่รายงานว่า คาทิชิน 200 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี TBARS ดีกว่าบีเอชที 200 พีพีเอ็ม ในแบบจำลองเนื้อสัตว์

จากภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า ผงติ้วขาวสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในแพตตี้หมูปรุงสุกตลอดระยะเวลาการเก็บ 32 วัน โดยไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นตัวอย่างที่เติมผงติ้วขาว 700 พีพีเอ็ม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก โครงสร้าง *O*-diphenolic ของกรดคลอโรจีนิก ชนิด 5-คาเฟ-โออิลควินิก (5-*O*-caffeoylquinic acid) ที่พบในติ้วขาว สามารถทำหน้าที่ให้ไฮโดรเจนอะตอมกับไอออนของโลหะ (ทองแดง (Cu^{2+}), เหล็ก (Fe^{2+})) หรืออนุมูลอิสระ ได้เป็น *O*-quinone ทำให้สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในขั้นตอนการเพิ่มจำนวน และยังกระตุ้นการสลายตัวของ ไฮโดร

เปอร์ออกไซด์อีกด้วย (Maisuthisakul และคณะ, 2007a; Maisuthisakul และ Charuchongkolwongse, 2007) สำหรับการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยของค่า TBARS จาก 4.04 เป็น 6.24 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ ต่อกิโลกรัม แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อาจเนื่องจาก สารประกอบจำพวก อัลดีไฮด์ คาร์บอนิล และไฮโดรคาร์บอน เช่น เฮกซานอล (Allen และ Hamilton, 1994) เป็นสารระเหย จึงอาจระเหยออกจากตัวอย่างในระหว่างการเก็บรักษาและการวิเคราะห์ตัวอย่างได้

นอกจากนี้ พบว่า การเติมผงติ้วขาวเข้มข้น 300, 500 และ 700 พีพีเอ็ม สามารถชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 4.1) แสดงว่า การเติมผงติ้วขาว 300 พีพีเอ็ม นั้น เพียงพอต่อการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการเพิ่มปริมาณผงติ้วขาว จาก 300 เป็น 700 พีพีเอ็ม ไม่ทำให้ผงติ้วขาวแสดงสมบัติเป็นโปรออกซิแดนซ์ ซึ่งสอดคล้องกับ Rey และคณะ (2005) ที่รายงานว่า การเติมสารกันหืนจากคราวเบอร์รี บีทรูท และ วิลโลว์เฮิร์บ ที่ระดับความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดีกว่าที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ในแพตตี้หมูปรุงสุก เช่นเดียวกับรายงานของ Juntachote และคณะ (2007a) ที่ทดสอบใน หมูบดปรุงสุก อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและประสิทธิภาพของสารต้านการหืนด้วย (Juntachote และคณะ, 2006)

การใช้ติ้วขาวในรูปสารสกัดในแพตตี้หมูปรุงสุก พบว่า ให้ผลเช่นเดียว กับการใช้ผงพืช (ภาพที่ 4.1) โดยสารสกัดติ้วขาวเข้มข้น 190 พีพีเอ็ม ในแพตตี้หมูสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกได้ดีกว่ามาก เมื่อเปรียบเทียบกับแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มีค่า TBARS เท่ากับ 12.73, 80.03 และ 64.70 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนการเติมสารสกัดติ้วขาวเข้มข้น 320 และ 450 พีพีเอ็มในแพตตี้หมู พบว่า สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันในแพตตี้หมูได้ โดยค่า TBARS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 0 แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มปริมาณสารสกัดติ้วขาวในแพตตี้หมูปรุงสุกสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้สอดคล้องกับการใช้สารสกัดพืชในการยับยั้งการหืนของเนื้อสัตว์ เช่น สารสกัดโรสแมรี่ เปลือกองุ่น ชาเขียว และกาแฟ สามารถยับยั้งการหืนในแพตตี้หมูปรุงสุก ภายใต้สภาวะการเก็บแบบที่มีอากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน (Nissen และคณะ, 2004)



ภาพที่ 4.2 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมสารสกัดติ้วขาวเปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

เมื่อเปรียบเทียบผลการยับยั้งการหืนระหว่างผงติ้วขาวและสารสกัด ติ้วขาวในแพตตี้หมู ปรุงสุกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ตาราง 4.8) พบว่า ในวันที่ 0 แพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวเข้มข้น มีค่า TBARS อยู่ในช่วง 3.36-4.77 มิลลิกรัม มาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้น ค่าสูงสุด และต่ำสุด โดยแพตตี้หมูที่เติมผงพืช 300 พีพีเอ็มที่มีค่า TBARS สูงกว่าที่เติมสารสกัด ติ้วขาว 450 พีพีเอ็มเล็กน้อย แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจาก สารสกัดพืชนั้น ได้จากการสกัด และทำให้เข้มข้น จึงมีปริมาณสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ในการยับยั้งการหืนมากกว่า อย่างไรก็ตาม ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา พบว่า ค่า TBARS ของแพตตี้หมูที่เติมสารสกัดติ้วขาว 190 พีพีเอ็ม มีค่า TBARS เพิ่มสูงกว่าแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวตัวอย่างอื่นๆ ทั้งนี้อาจ เกิดจากการสูญเสียองค์ประกอบที่มีสมบัติในการต้านออกซิเดชันไป โดยทั่วไป ตามธรรมชาตินั้น เซลล์ (intact cell) ทำหน้าที่ในการป้องกันสารสำคัญจากสภาพแวดล้อมทำให้ยากแก่การสลายตัว หรือสูญเสียสมบัติในการต้านการหืน แต่ในการสกัดสารสำคัญนั้น สารจะถูกสกัดออกจากเซลล์ และเมื่อสัมผัสกับสภาพแวดล้อมจึงเกิดการสลายตัว หรือ สูญเสียสมบัติในการต้านการหืนได้ง่ายกว่า (Xu และ Chang, 2008) สอดคล้องกับรายงานของ Juntachote และคณะ (2007a) ที่พบ การเติมผงกะเพรามีศักยภาพดีกว่าสารสกัดกะเพราในหมูบดปรุงสุก

- ทะโล้

การเติมผงทะโล้ในแพตตี้หมูปรุงสุก และเก็บไว้ในวันที่ 0 พบว่า ให้ผลเช่นเดียวกับการเติมผงติ้วขาว โดยผงทะโล้สามารถยับยั้งการหืนของไขมันในขั้นตอนการเตรียมและการปรุงสุก มีค่า TBARS ระหว่าง 3.62-4.36 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 4.3A) ในขณะที่

ตัวอย่างควบคุมและแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และคาทิชินเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ที่มีค่า TBARS ระหว่าง 14.77-37.34 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม เนื่องจาก ในใบทะโล้ประกอบด้วย สารกลุ่มฟลาโวนอยด์อะไกลโคน (flavonoid aglycone) ชนิด ฟลาโวนอล และเควอ-ซีติน (Joshi, 2006) โดยสารประกอบกลุ่มนี้สามารถจับกับอนุมูลอิสระ เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของไขมันได้ (Lakhanpal และ Kumar Rai, 2007)

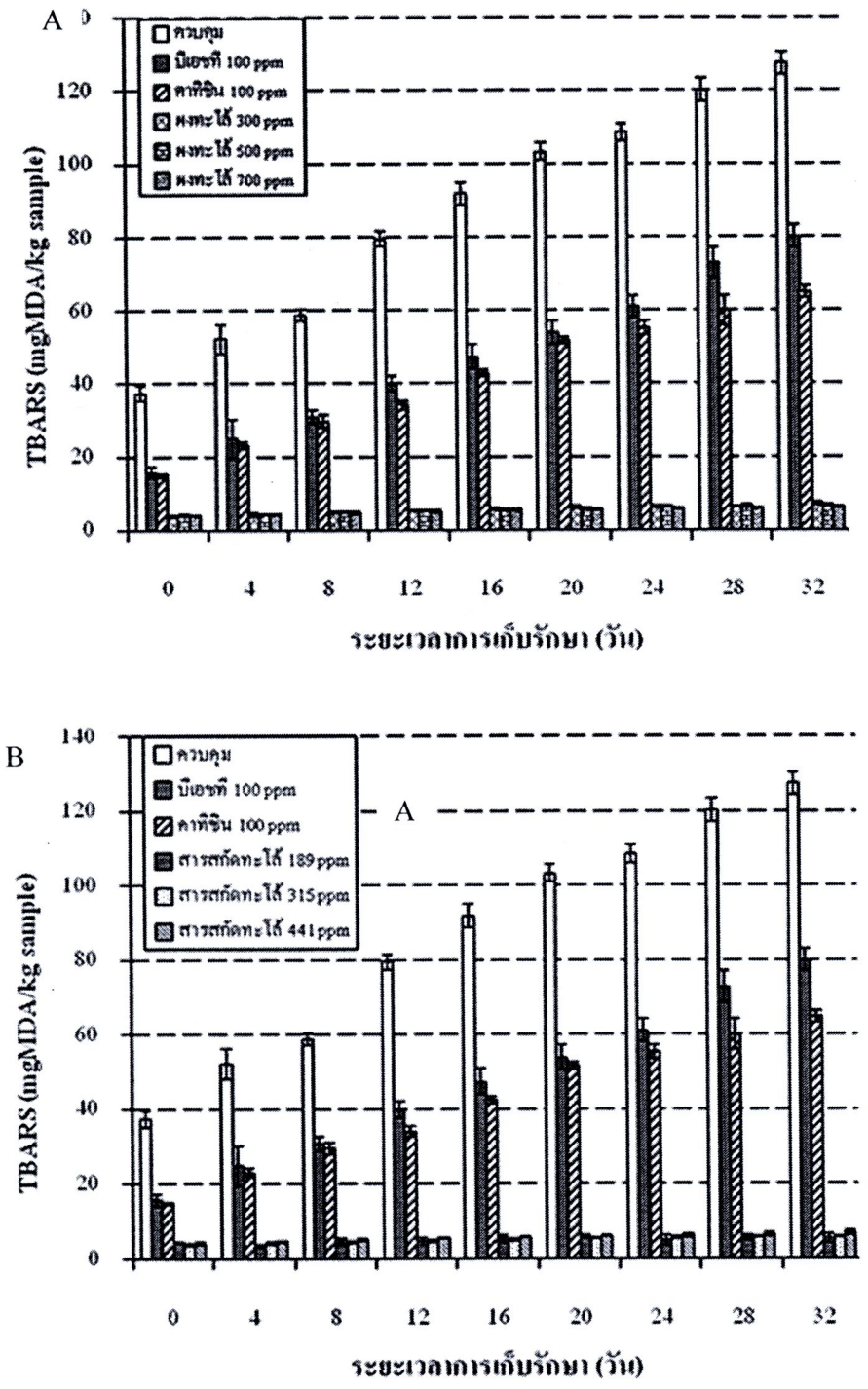
การเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ค่า TBARS ของตัวอย่างควบคุม และแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และคาทิชินเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่ แพตตี้หมูที่เติมผงทะโล้เข้มข้นต่างๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่า TBARS ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา อยู่ระหว่าง 6.10-7.06 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม อีกทั้งยังพบว่า การเพิ่มปริมาณ ผงทะโล้ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS และการใช้ผงทะโล้เข้มข้น 300 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในแพตตี้หมูที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 32 วันได้ดี

สำหรับการเติมสารสกัดทะโล้ในแพตตี้หมู พบว่า ให้ผลเช่นเดียวกัน โดยการเติมสารสกัดทะโล้ทุกความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ทั้งในวันที่ 0 และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.3B) ดังนั้น การเติมสารสกัดทะโล้ที่ความเข้มข้น 190 พีพีเอ็ม จึงเป็นความเข้มข้นที่ต่ำสุด ที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในแพตตี้หมู ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไว้ได้นาน 32 วัน

ตารางที่ 4.8 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวและทะโล้ ที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา(วัน)	ผง						สารสกัด					
	ติ้วขาว (พีพีเอ็ม)			ทะโล้ (พีพีเอ็ม)			ติ้วขาว (พีพีเอ็ม)			ทะโล้ (พีพีเอ็ม)		
	300	500	700	300	500	700	190	320	450	190	320	450
0	4.77±0.66$^{e, A}$	4.38±0.40$^{d, B}$	4.04±0.33$^{e, B-D}$	3.76±0.29$^{f, CD}$	4.00±0.26$^{f, C-E}$	3.89±0.21$^{g, E}$	3.93±0.28$^{d, C-E}$	3.72±0.19$^{e, B-D}$	3.36±0.23$^{d, C-D}$	4.36±0.13$^{g, C-E}$	3.62±0.32$^{d, DE}$	4.11±0.34$^{f, BC}$
4	3.91±0.39$^{f, CD}$	3.65±0.28$^{f, DE}$	3.48±0.26$^{f, E}$	4.19±0.36$^{e, A}$	4.26±0.17$^{f, E}$	4.19±0.24$^{f, E}$	4.83±0.56$^{d, C}$	3.46±0.23$^{f, BC}$	3.50±0.22$^{d, C}$	3.48±0.36$^{f, BC}$	3.92±0.35$^{d, CD}$	4.61±0.20$^{e, AB}$
8	4.46±0.56$^{e, C}$	4.04±0.25$^{e, D}$	3.98±0.25$^{e, D}$	4.85±0.27$^{d, A}$	4.98±0.15$^{e, C}$	4.73±0.22$^{e, D}$	7.18±0.45$^{c, B-C}$	4.49±0.27$^{d, B}$	3.80±0.28$^{c, B-C}$	4.51±0.92$^{e, BC}$	4.46±0.28$^{c, C}$	4.97±0.24$^{e, B}$
12	6.02±0.11$^{d, B}$	5.81±0.33$^{c, B}$	5.74±0.17$^{cd, BC}$	5.17±0.25$^{d, A}$	5.13±0.20$^{e, BC}$	4.94±0.30$^{e, D}$	10.37±0.48$^{b, DE}$	5.69±0.26$^{c, DE}$	5.34±0.27$^{b, EF}$	4.62±0.86$^{d, DE}$	4.78±0.35$^{bc, F}$	5.42±0.22$^{d, CD}$
16	6.15±0.25$^{d, B}$	6.02±0.09$^{c, B}$	5.82±0.23$^{b-d, BC}$	5.72±0.31$^{c, A}$	5.42±0.11$^{d, B}$	5.39±0.31$^{d, BC}$	12.15±1.16$^{a, BC}$	6.01±0.14$^{ab, CD}$	5.73±0.19$^{a, CD}$	5.23±0.90$^{c, BC}$	5.09±0.35$^{b, D}$	5.67±0.21$^{cd, BC}$
20	6.64±0.31$^{c, B}$	5.87±0.09$^{c, CD}$	5.66±0.18$^{d, CD}$	6.07±0.49$^{bc, A}$	5.81±0.15$^{c, CD}$	5.62±0.15$^{cd, CD}$	12.22±1.07$^{a, C}$	5.84±0.24$^{bc, CD}$	5.72±0.25$^{a, CD}$	5.77±0.35$^{b, CD}$	5.44±0.30$^{a, D}$	6.00±0.15$^{bc, C}$
24	6.93±0.36$^{bc, B}$	6.09±0.23$^{bc, C}$	6.01±0.14$^{a-c, C}$	6.22±0.24$^{b, A}$	6.22±0.29$^{b, C}$	5.81±0.22$^{bc, C}$	12.08±1.51$^{a, C}$	6.02±0.17$^{ab, C}$	5.91±0.24$^{a, C}$	4.98±1.18$^{b, C}$	5.55±0.24$^{a, C}$	6.15±0.46$^{b, C}$
28	7.25±0.30$^{b, B}$	6.37±0.24$^{ab, C}$	6.09±0.29$^{ab, C-E}$	6.30±0.13$^{b, A}$	6.41±0.43$^{ab, C-F}$	5.91±0.12$^{ab, EF}$	12.41±0.67$^{a, CD}$	6.03±0.23$^{ab, C}$	5.87±0.11$^{a, D-F}$	5.65±0.71$^{ab, C-E}$	5.67±0.11$^{a, F}$	6.41±0.42$^{b, C}$
32	8.59±0.11$^{a, B}$	6.52±0.20$^{a, DE}$	6.24±0.22$^{a, E-G}$	7.06±0.37$^{a, A}$	6.52±0.31$^{a, E-G}$	6.10±0.21$^{a, GH}$	12.73±0.38$^{a, C}$	6.22±0.20$^{a, C}$	5.96±0.18$^{a, FG}$	5.30±1.18$^{a, EF}$	5.73±0.11$^{a, H}$	6.82±0.58$^{a, CD}$

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)
ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)



ภาพที่ 4.3 ค่า TBARS ของแพตตี้หมูปรุงสุกที่เติมผลทะโล้ (A) และ สารสกัดทะโล้ (B) เปรียบเทียบกับสารกันหืนชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

ความสามารถในการยับยั้งการหืนของผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาว แสดงดัง ตารางที่ 4.8 โดยพบว่า การเพิ่มขึ้นของค่า TBARS จากวันที่ 0 เป็นวันที่ 32 ของแพตตี้หมูที่เติมสารสกัดติ้วขาว 190 พีพีเอ็มเพิ่มขึ้นจาก 3.93 เป็น 12.73 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ในขณะที่แพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวที่ความเข้มข้นเดียวกัน มีค่า TBARS เพิ่มขึ้นจาก 4.77 เป็น 8.59 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม แสดงว่า การเติมผงติ้วขาวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการหืนได้ดีกว่าสารสกัด ทั้งนี้อาจเนื่องจาก การสลายตัวของสารต้านออกซิเดชันในระหว่างการสกัด หรือ การเก็บรักษา ดังที่ได้อภิปรายไว้แล้ว แต่การเพิ่มความเข้มข้นของทั้ง ผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวเป็น 500 และ 450 พีพีเอ็ม พบว่า ค่า TBARS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเพิ่มขึ้นระหว่าง 2.14-2.6 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ ต่อกิโลกรัม ดังนั้น การเติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวที่ความเข้มข้น 500 และ 320 พีพีเอ็ม ตามลำดับ จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการหืนของแพตตี้หมูได้อย่างไรก็ตาม การใช้สารสกัดติ้วขาว อาจทำให้ลักษณะปรากฏของแพตตี้หมูดีกว่าการใช้ผงติ้วขาว เนื่องจาก สารสกัดติ้วขาวได้ผ่านขั้นตอนการทำลายสีเขียวของคลอโรฟิลล์ ซึ่งทำให้มีสีใกล้เคียงกับสีของตัวอย่างควบคุมมากกว่าแพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวที่มีสีน้ำตาลคล้ำ

นอกจากนี้ยังพบว่า ความสามารถในการยับยั้งการหืนของผงทะโล้และสารสกัดทะโล้ พบว่า ให้ผลคล้ายคลึงกับการเติมติ้วขาว แต่การเติมสารสกัดทะโล้ที่ความเข้มข้น 190 พีพีเอ็ม ให้ผลเช่นเดียวกับการใช้ความเข้มข้นที่สูงกว่า โดยมีการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ระหว่าง 0.94 -2.71 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ ต่อกิโลกรัม ดังนั้น การเติมสารสกัดทะโล้เข้มข้น 190 พีพีเอ็ม หรือผงทะโล้เข้มข้น 500 พีพีเอ็ม นั้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการหืนของแพตตี้หมูได้

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้ผงพืชที่ความเข้มข้น 300 พีพีเอ็ม หรือสารสกัดจากพืชที่ความเข้มข้น 190 พีพีเอ็ม มีผลให้ค่า TBARS สูงกว่าและการใช้ผงพืชที่ความเข้มข้น 500 และ 700 พีพีเอ็ม หรือสารสกัดจากพืชที่ความเข้มข้น 320 และ 450 พีพีเอ็ม ยกเว้น แพตตี้หมูที่เติมสารสกัดทะโล้ 190 พีพีเอ็ม อีกทั้งยัง พบว่า การใช้ผงพืชที่ความเข้มข้น 500 และ 700 พีพีเอ็ม หรือสารสกัดจากพืชที่ความเข้มข้น 320 และ 450 พีพีเอ็ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

4.2.2.1 ค่า *p*-Av

ความสามารถในการยับยั้งการหืนในแพตตี้หมูที่เติมผงพืชและสารสกัดพืชทั้ง 2 ชนิด จากการวิเคราะห์ค่า *p*-Av ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

- ติ้วขาว

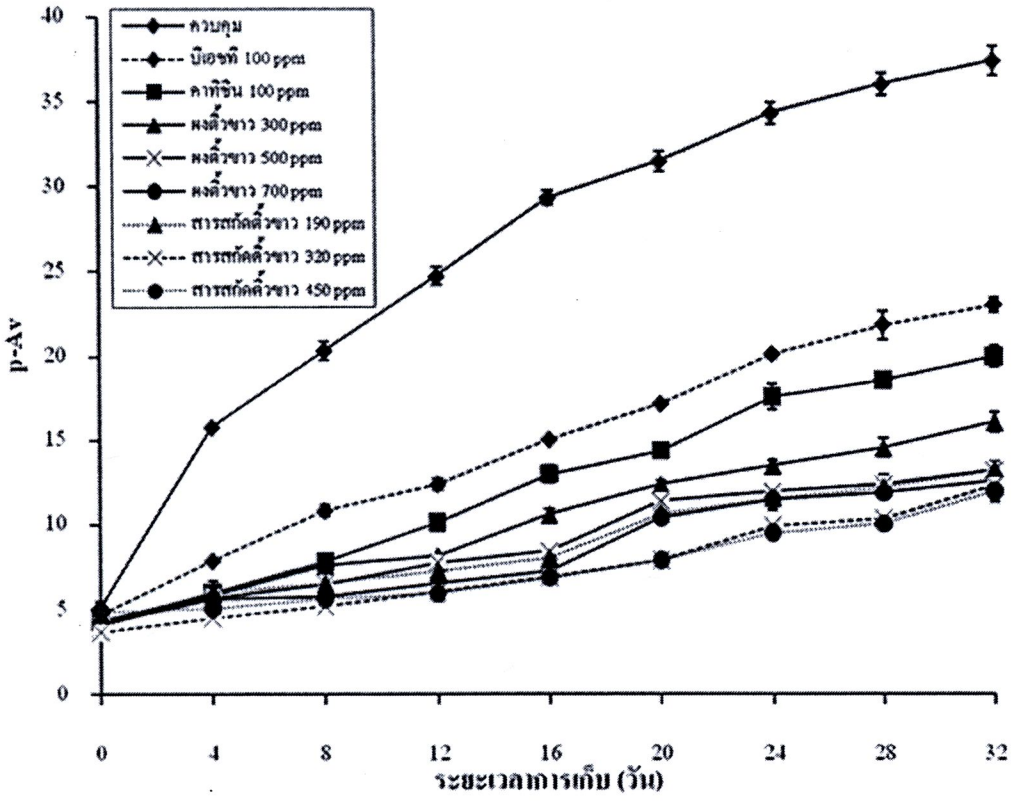
ผลการทดลองในวันที่ 0 พบว่า ค่า *p*-Av ของตัวอย่างควบคุม แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที คาทิชิน และ ติ้วขาว มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่า *p*-Av อยู่ระหว่าง 3.63±0.19 ถึง 5.13±0.36 (ภาพที่ 4.4) ซึ่งแตกต่างจากผลการวิเคราะห์ค่า TBARS ที่พบว่า ตัวอย่างควบคุม แพตตี้หมูที่เติมบีทีเอช และแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน มีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่เติมพืชอย่างมาก (14.77±0.38 5 ถึง 37.34±2.15 มิลลิกรัมมาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 4.2) ทั้งนี้อาจเนื่องจาก วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่แตกต่างกัน ซึ่งทั้ง 2 วิธีเป็นการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเพิ่มจำนวนเหมือนกัน โดยวิธี TBARS เป็นการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบจำพวกอัลดีไฮด์ คาร์บอนิล และไฮโดรคาร์บอน ส่วนวิธี *p*-Av วิเคราะห์สารกลุ่มอัลดีไฮด์ จำพวก 2-อัลคีนาล (2-alkenals) และ 2,4-ไดอีนาล (2,4-dienals) ซึ่งมีความเฉพาะเจาะจงกว่า จึงอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความแตกต่างกัน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีค่า *p*-Av เพิ่มขึ้นและสูงกว่าแพตตี้หมูตัวอย่างอื่นๆ โดยมีค่า *p*-Av เท่ากับ 37.42±0.85 ในวันที่ 32 (ภาพที่ 4.4) แสดงให้เห็นว่า วิธีการนี้สามารถใช้ตรวจสอบการหืนในตัวอย่างแพตตี้หมูปรุงสุกได้นอกจากนี้ยังพบว่า แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที มีความสามารถในการชะลอการหืนได้ต่ำกว่าแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่า TBARS ที่บีทีเอชมีศักยภาพต่ำกว่าคาทิชินสำหรับแพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาว พบว่า ค่า *p*-Av ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างวันที่ 0-8 กับแพตตี้หมูที่เติมคาทิชิน ($p>0.05$) แต่ในวันที่ 12 (ภาพที่ 4.4) พบว่า ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมคาทิชินจะเพิ่มสูงกว่าและมีความแตกต่างกันทางสถิติกับแพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาว อีกทั้งพบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมผงติ้วขาวและสารสกัดติ้วขาวจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นที่ต่ำกว่าแพตตี้หมูที่เติมคาทิชินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า การเติมพืชในแพตตี้หมูสามารถชะลอการหืนได้ดีกว่าแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และคาทิชิน ซึ่งการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน อาจเนื่องมาจาก โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกที่พบในติ้วขาวทำหน้าที่จับกับอนุมูลอิสระ เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในขั้นแรก และป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระตัวใหม่ ซึ่งจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ขั้นต่อเนื่องของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน โดยความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระนี้ ขึ้นอยู่กับโครงสร้างฟีนอลิกหรือองค์ประกอบภายในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก (Pereira de Abreu และคณะ, 2010)

จากผลการทดลอง (ภาพที่ 4.4) พบว่า การเติมพืชทั้งรูปของผงพืช และสารสกัดพืชลงในแพตตี้หมู สามารถชะลอการหืนได้ไม่แตกต่างกัน ยกเว้น การเติมผงติ้วขาวเข้มข้น 300 พีพีเอ็มที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า *p*-Av สูงกว่าในวันที่ 16 ส่งผลให้มีแนวโน้มการหืนสูงกว่าแพตตี้หมูที่เติมผงพืชที่ความเข้มข้นสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบในผงติ้วขาวอาจถูกใช้ในการทำลายอนุมูลอิสระ หรือยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ตลอดจนเสื่อมสลายในระหว่างการเก็บรักษา จนทำให้ความสามารถในการต้านการหืนของไขมันลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มปริมาณผงติ้วขาวจาก 300 เป็น 700 พีพีเอ็ม สามารถชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ดีขึ้น แต่การเติมผงติ้วขาว 500 และ 700 พีพีเอ็ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนการเติมในรูปสารสกัดติ้วขาวลงในแพตตี้หมูนั้นให้ผลเช่นเดียวกัน โดยการเพิ่มปริมาณสารสกัดจาก 190 เป็น 450 พีพีเอ็มสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า *p*-Av ได้ แต่สามารถยับยั้งได้ดีกว่าเล็กน้อยเท่านั้น และไม่มีความแตกต่างของเส้นแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตาม พบว่า การเติมสารสกัดติ้วขาวมีผลทำให้เส้นแนวโน้มการเกิดออกซิเดชันต่ำกว่าการเติมในรูปผงพืชที่ความเข้มข้นเดียวกัน และการเติมผงติ้วขาวที่ระดับ 700 พีพีเอ็ม สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเทียบเท่าการเติมสารสกัดติ้วขาวเข้มข้น 190 พีพีเอ็มในแพตตี้หมู

การเติมผงติ้วขาว 500 พีพีเอ็ม หรือสารสกัดติ้วขาว 190 พีพีเอ็ม ในแพตตี้หมูปรุงสุก สามารถชะลอการหืนของไขมันในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้ดีกว่าแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที หรือคาทิชิน 100 พีพีเอ็ม



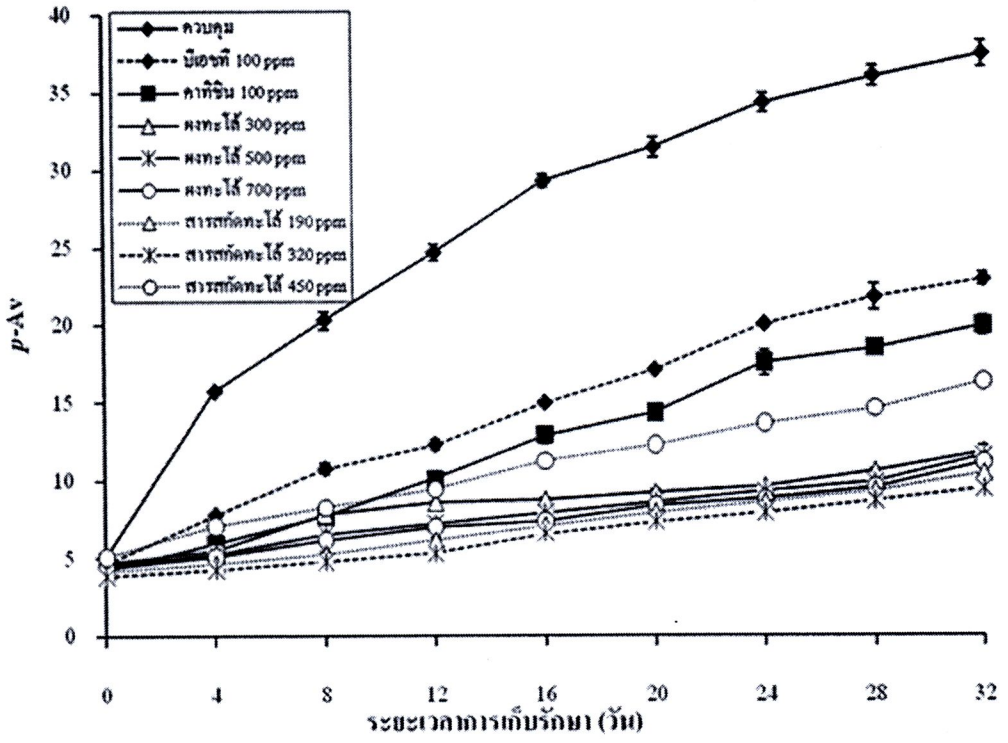
ภาพที่ 4.4 ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมผงและสารสกัดติ้วขาว ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

- ทะโล้

ผลการทดลองในการเติมผงและสารสกัดทะโล้ในแพตตี้หมูให้ผลเช่นเดียวกับติ้วขาว โดยพบว่า การเติมทะโล้ทั้ง 2 รูปแบบสามารถชะลอการเกิดค่า *p*-Av ได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม แพตตี้หมูที่เติมบีเอชที และ คาทิชิน ตามลำดับ (ภาพที่ 4.5) แต่การเติมพืชในแพตตี้หมูจะให้ผลที่แตกต่างจากแพตตี้หมูที่เติมคาทิชินในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ยกเว้นแพตตี้หมูที่เติมสารสกัดทะโล้ 450 พีพีเอ็ม

การเพิ่มปริมาณผงทะโล้จาก 300 เป็น 700 พีพีเอ็ม ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า *p*-Av โดยมีค่า *p*-Av เพิ่มขึ้นเป็น 11.17-11.88 ในระหว่างการเก็บรักษา 32 วัน (ภาพที่ 4.5) แสดงว่า การเติมผงทะโล้ทั้ง 3 ความเข้มข้น มีประสิทธิภาพในการชะลอการหืนเท่ากัน ในทางตรงกันข้าม การเพิ่มปริมาณสารสกัดทะโล้จาก 190 เป็น 320 และ 450 พีพีเอ็ม ส่งผลให้ค่า *p*-Av เพิ่มขึ้นเป็น 10.50, 9.51 และ 16.38 ตามลำดับ และการเติมสารสกัดทะโล้ 450 พีพีเอ็ม มีค่า *p*-Av แตกต่างจากการเติมสารสกัดทะโล้ 190 และ 320 พีพีเอ็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดทะโล้เป็น 450 พีพีเอ็ม ส่งผลต่อการเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เนื่องจากการสกัดเป็นการแยกสารสำคัญทำให้สารมีความเข้มข้นสูง จนอาจแสดงสมบัติเป็นโปรออกซิแดนซ์ได้ นอกจากนี้ยังอาจเนื่องมาจาก การเติมสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ความเข้มข้นสูงๆ หรือลักษณะของไอออนของโลหะทรานส์ อาจเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เร็วขึ้น (Simic และคณะ, 2007)

จากผลการทดลอง การเติมผงทะโล้ 300 พีพีเอ็มหรือสารสกัดทะโล้ 190 พีพีเอ็ม ในแพตตี้หมูปรุงสุก สามารถชะลอการหืนของไขมันในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้ดีกว่าแพตตี้หมูที่เติมบีทีเอช หรือคาทิชิน 100 พีพีเอ็ม



ภาพที่ 4.5 ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมผงและสารสกัดทะโล้ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

ประสิทธิภาพในการต้านการหืนของไขมันด้วยวิธี *p*-Av พบว่า ผงทะโล้และสารสกัดทะโล้มีแนวโน้มการต้านการหืนได้ดีกว่าการใช้ติ้วขาวในรูปแบบและความเข้มข้นเดียวกัน ยกเว้น การใช้สารสกัดทะโล้เข้มข้น 450 พีพีเอ็มที่มีผลให้การยับยั้งต่ำกว่าสารสกัดติ้วขาวที่ความเข้มข้นดังกล่าว (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวและทะโล้ ที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ผง						สารสกัด					
	ติ้วขาว (พีพีเอ็ม)			ทะโล้ (พีพีเอ็ม)			ติ้วขาว (พีพีเอ็ม)			ทะโล้ (พีพีเอ็ม)		
	300	500	700	300	500	700	190	320	450	190	320	450
0	4.36±0.29$^{I, C}$	4.24±0.10$^{I, CD}$	4.13±0.08$^{h, D}$	4.77±0.03$^{h, B}$	4.63±0.05$^{I, B}$	4.42±0.04$^{I, C}$	3.93±0.20$^{h, E}$	3.63±0.19$^{I, F}$	4.82±0.16$^{g, B}$	4.21±0.05$^{I, CD}$	3.89±0.15$^{I, E}$	5.14±0.05$^{I, A}$
4	5.82±0.17$^{h, BC}$	5.71±0.08$^{h, BC}$	5.58±0.12$^{g, CD}$	5.54±0.13$^{g, CD}$	5.35±0.05$^{h, DE}$	5.13±0.01$^{h, E}$	6.04±0.65$^{g, B}$	4.51±0.23$^{h, FG}$	5.05±0.28$^{g, E}$	4.68±0.01$^{h, F}$	4.28±0.03$^{h, G}$	7.12±0.10$^{h, A}$
8	7.56±0.27$^{g, B}$	6.48±0.17$^{g, C}$	5.78±0.87$^{g, D}$	7.88±0.40$^{f, B}$	6.57±0.13$^{g, C}$	6.21±0.07$^{g, C}$	6.51±0.39$^{g, C}$	5.21±0.05$^{g, EF}$	5.60±0.50$^{f, DE}$	5.32±0.10$^{g, E}$	4.83±0.11$^{g, E}$	8.33±0.17$^{g, A}$
12	8.13±0.03$^{f, C}$	7.72±0.46$^{f, D}$	6.54±0.18$^{f, F}$	8.66±0.10$^{e, B}$	7.31±0.01$^{f, E}$	7.04±0.05$^{f, E}$	7.24±0.06$^{f, E}$	6.00±0.56$^{f, G}$	5.92±0.12$^{f, G}$	6.19±0.13$^{f, G}$	5.32±0.00$^{f, H}$	9.47±0.11$^{f, A}$
16	10.57±0.34$^{e, B}$	8.40±0.20$^{e, D}$	7.25±0.29$^{e, F}$	8.80±0.08$^{e, C}$	7.96±0.17$^{e, E}$	7.44±0.00$^{e, F}$	8.02±0.33$^{e, E}$	6.87±0.12$^{e, GH}$	6.83±0.23$^{e, GH}$	7.13±0.14$^{e, FG}$	6.61±0.10$^{e, H}$	11.30±0.30$^{e, A}$
20	12.32±0.23$^{d, A}$	11.37±0.21$^{d, B}$	10.39±0.1$^{d, D}$	9.26±0.14$^{d, E}$	8.65±0.11$^{d, F}$	8.39±0.12$^{d, F}$	10.66±0.12$^{d, C}$	7.85±0.28$^{d, G}$	7.83±0.35$^{d, G}$	8.00±0.14$^{d, G}$	7.38±0.13$^{d, H}$	12.30±0.25$^{d, A}$
24	13.44±0.30$^{c, A}$	11.91±0.21$^{c, B}$	11.45±0.19$^{c, C}$	9.63±0.13$^{c, DE}$	9.30±0.24$^{c, E}$	8.83±0.04$^{c, F}$	11.56±0.72$^{c, C}$	9.90±0.08$^{c, D}$	9.46±0.25$^{c, E}$	8.66±0.04$^{c, F}$	7.98±0.06$^{c, G}$	13.69±0.12$^{c, A}$
28	14.53±0.57$^{b, A}$	12.33±0.58$^{b, B}$	11.86±0.38$^{b, C}$	10.62±0.08$^{b, D}$	9.92±0.10$^{b, EF}$	9.59±0.02$^{b, FG}$	12.20±0.60$^{b, BC}$	10.29±0.44$^{b, DE}$	10.00±0.18$^{b, EF}$	9.35±0.07$^{b, G}$	8.74±0.25$^{b, H}$	14.65±0.00$^{b, A}$
32	16.06±0.57$^{a, A}$	13.18±0.54$^{a, B}$	12.60±0.37$^{a, C}$	11.88±0.34$^{a, D}$	11.60±0.25$^{a, D}$	11.17±0.20$^{a, E}$	13.24±0.17$^{a, B}$	12.29±0.30$^{a, C}$	11.93±0.65$^{a, D}$	10.50±0.28$^{a, F}$	9.51±0.16$^{a, G}$	16.38±0.02$^{a, A}$

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.9 ค่า *p*-Av ของแพตตี้หมูที่เติมติ้วขาวและทะโล้ ที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ผง						สารสกัด					
	ติ้วขาว (พีพีเอ็ม)			ทะโล้ (พีพีเอ็ม)			ติ้วขาว (พีพีเอ็ม)			ทะโล้ (พีพีเอ็ม)		
	300	500	700	300	500	700	190	320	450	190	320	450
0	4.36±0.29$^{I, C}$	4.24±0.10$^{I, CD}$	4.13±0.08$^{h, D}$	4.77±0.03$^{h, B}$	4.63±0.05$^{I, B}$	4.42±0.04$^{I, C}$	3.93±0.20$^{h, E}$	3.63±0.19$^{I, F}$	4.82±0.16$^{g, B}$	4.21±0.05$^{I, CD}$	3.89±0.15$^{I, E}$	5.14±0.05$^{I, A}$
4	5.82±0.17$^{h, BC}$	5.71±0.08$^{h, B-C}$	5.58±0.12$^{g, CD}$	5.54±0.13$^{g, CD}$	5.35±0.05$^{h, DE}$	5.13±0.01$^{h, E}$	6.04±0.65$^{g, B}$	4.51±0.23$^{h, FG}$	5.05±0.28$^{g, E}$	4.68±0.01$^{h, F}$	4.28±0.03$^{h, G}$	7.12±0.10$^{h, A}$
8	7.56±0.27$^{g, B}$	6.48±0.17$^{g, C}$	5.78±0.87$^{g, D}$	7.88±0.40$^{f, B}$	6.57±0.13$^{g, C}$	6.21±0.07$^{g, C}$	6.51±0.39$^{g, C}$	5.21±0.05$^{g, EF}$	5.60±0.50$^{f, DE}$	5.32±0.10$^{g, E}$	4.83±0.11$^{g, E}$	8.33±0.17$^{g, A}$
12	8.13±0.03$^{f, C}$	7.72±0.46$^{f, D}$	6.54±0.18$^{f, F}$	8.66±0.10$^{e, B}$	7.31±0.01$^{f, E}$	7.04±0.05$^{f, E}$	7.24±0.06$^{f, E}$	6.00±0.56$^{f, G}$	5.92±0.12$^{f, G}$	6.19±0.13$^{f, G}$	5.32±0.00$^{f, H}$	9.47±0.11$^{f, A}$
16	10.57±0.34$^{e, B}$	8.40±0.20$^{e, D}$	7.25±0.29$^{e, F}$	8.80±0.08$^{e, C}$	7.96±0.17$^{e, E}$	7.44±0.00$^{e, F}$	8.02±0.33$^{e, E}$	6.87±0.12$^{e, GH}$	6.83±0.23$^{e, GH}$	7.13±0.14$^{e, FG}$	6.61±0.10$^{e, H}$	11.30±0.30$^{e, A}$
20	12.32±0.23$^{d, A}$	11.37±0.21$^{d, B}$	10.39±0.1$^{d, D}$	9.26±0.14$^{d, E}$	8.65±0.11$^{d, F}$	8.39±0.12$^{d, F}$	10.66±0.12$^{d, C}$	7.85±0.28$^{d, G}$	7.83±0.35$^{d, G}$	8.00±0.14$^{d, G}$	7.38±0.13$^{d, H}$	12.30±0.25$^{d, A}$
24	13.44±0.30$^{c, A}$	11.91±0.21$^{c, B}$	11.45±0.19$^{c, C}$	9.63±0.13$^{c, DE}$	9.30±0.24$^{c, E}$	8.83±0.04$^{c, F}$	11.56±0.72$^{c, C}$	9.90±0.08$^{c, D}$	9.46±0.25$^{c, E}$	8.66±0.04$^{c, F}$	7.98±0.06$^{c, G}$	13.69±0.12$^{c, A}$
28	14.53±0.57$^{b, A}$	12.33±0.58$^{b, B}$	11.86±0.38$^{b, C}$	10.62±0.08$^{b, D}$	9.92±0.10$^{b, EF}$	9.59±0.02$^{b, FG}$	12.20±0.60$^{b, BC}$	10.29±0.44$^{b, DE}$	10.00±0.18$^{b, EF}$	9.35±0.07$^{b, G}$	8.74±0.25$^{b, H}$	14.65±0.00$^{b, A}$
32	16.06±0.57$^{a, A}$	13.18±0.54$^{a, B}$	12.60±0.37$^{a, C}$	11.88±0.34$^{a, D}$	11.60±0.25$^{a, D}$	11.17±0.20$^{a, E}$	13.24±0.17$^{a, B}$	12.29±0.30$^{a, C}$	11.93±0.65$^{a, D}$	10.50±0.28$^{a, F}$	9.51±0.16$^{a, G}$	16.38±0.02$^{a, A}$

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ตามแนวคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)
ตัวอักษร A, B, C ตามแนวนอนในกลุ่มเดียวกันที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)