บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

ข้าวเกรียบปลาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้รับความนิยมในหลายๆ ประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Kyaw *et al.*, 2001) โดยเฉพาะในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้และกลุ่มประเทศอาเซียน เป็นที่รู้จักในชื่อ “Keropok” หรือ “Kerupuk lekor” ในประเทศมาเลเซีย หรือ “Kaew Krab Pla” ในประเทศไทย โดยทั่วไปข้าวเกรียบปลาแบบสด ผลิตโดยนำเนื้อปลาผสมกับแป้งและน้ำ ข้าวเกรียบถูกขึ้นรูปแท่งทรงกระบอกนำไปต้มหรือนึ่ง (Chung *et al.*, 1991) โดยรับประทานเป็นอาหารว่างหรือร่วมกับข้าวและอาหารอื่น ๆ ในประเทศไทยข้าวเกรียบปลาแบบสดหรือหัวข้าวเกรียบเป็นของทานเล่นของสามจังหวัดภาคใต้ วิธีการทำข้าวเกรียบปลามีขึ้นหลังจากมาเลเซียตกเป็นเมืองขึ้นของอังกฤษมีคนจากประเทศมาเลเซียจำนวนหนึ่ง ได้อพยพมาตั้งรกรากในพื้นที่ประเทศไทย บริเวณบ้านดาโต๊ะ ตำบลแหลมโพธิ์ อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี และได้มีคนนำต้นสาคูมาทำแป้งเพื่อทำเป็นอาหารเช้ารับประทานกับน้ำชา จากการที่บรรพบุรุษของชาวดาโต๊ะรู้จักวิธีทำข้าวเกรียบปลามาแต่อดีต และได้สืบทอดภูมิปัญญานี้ส่งผ่านมารุ่นแล้วรุ่นเล่า จนถึงลูกหลานยุคปัจจุบันและจากการที่คนในชุมชนบ้านดาโต๊ะประกอบอาชีพทำการประมงขนาดเล็ก เป็นอาชีพหลักของครอบครัวจึงได้นำปลาที่เหลือจากการบริโภคและจำหน่าย ซึ่งเป็นปลาตัวเล็กๆ มาประยุกต์ผสมกับแป้งมัน (แป้งสาคูบางส่วน) ทำข้าวเกรียบปลาไว้กินกันในครัวเรือน ที่เหลือก็มีการขายกันบ้างภายในหมู่บ้าน ซึ่งมีการขยายตลาดไปยังภายนอกหมู่บ้าน เพิ่มการผลิตมากขึ้นเรื่อยๆ ไปสู่ตำบล อำเภอ และจังหวัดอื่นๆ และเป็นผลิตภัณฑ์ทางเศรษฐกิจของจังหวัดปัตตานีมาจนถึงทุกวันนี้ ยิ่งไปกว่านั้นจังหวัดต่าง ๆ บริเวณข้างเคียงก็ยังมีการผลิตข้าวเกรียบปลากันอย่างมากมาย ดังนั้นจึงมีการส่งต่อไปขายยังจังหวัดอื่นๆ ที่ไกลออกไป อีกทั้งยังกลายเป็นของฝากของนักท่องเที่ยว (ชบาตานี, 2556) แต่ข้าวเกรียบปลาแบบสดมีปัญหาเสื่อมเสียคุณภาพได้ง่าย โดยเฉพาะการเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งมีปัจจัยหลายอย่างที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าว อีกทั้งข้าวเกรียบปลาแบบสดมีปริมาณความชื้นมากมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหาร โดยเฉพาะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ ซึ่งมีกระทบต่ออายุการวางจำหน่าย เนื่องจากการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาแบบสดต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำจึงจะสามารถเก็บไว้ได้นานแต่ไม่เกินสิบวัน รวมทั้งการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาแบบสดยังไม่แพร่หลายและยังไม่มีการวิจัยถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาแบบสดด้วยวิธีการฉายรังสีแกมมา

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงการพัฒนากรรมวิธีการเก็บรักษา ข้าวเกรียบปลาแบบสดให้มีอายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น ซึ่งรังสีแกมมาเป็นรังสีประเภทหนึ่งที่ได้จากการสลายตัวของสาร

กัมมันตรังสี มีลักษณะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีอำนาจทะลุทะลวงผ่านวัตถุได้สูง สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์และพยาธิที่อยู่ในอาหารได้ โดยไม่ก่อให้เกิดสารกัมมันตรังสีในวัตถุที่วิ่งผ่านไป ดังนั้นอาหารที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาจึงไม่มีสารรังสีตกค้างอยู่ จึงได้นำเทคโนโลยีการฉายรังสีแกมมาในอาหารมาปรับปรุงคุณภาพการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาแบบสด ซึ่งได้รับการยอมรับในระดับสากลมาประยุกต์ใช้ในกรรมวิธีการผลิต เพื่อให้เป็นทางเลือกสำหรับคนยุคใหม่ที่ต้องการบริโภคข้าวเกรียบปลาแบบสดไปพร้อมๆ กับความมั่นใจในด้านความสะอาดและปลอดภัย อีกทั้งเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับผู้ผลิต ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งเพื่อตอบสนองการส่งออกในระดับอาเซียนในอนาคต

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 เทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนส์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ พบว่ามีการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้กับงานด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

ในปี ค.ศ. 1905 ลอร์ด รัทเทอร์ฟอร์ด (Lord Ernest Rutherford) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษเป็นผู้ที่ชี้ให้เห็นว่ากัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) สามารถนำมาใช้กำหนดอายุตัวอย่างทางโบราณคดี (Archaeology) และทางธรณีวิทยา (Geological specimens) ได้ ภายหลังนักวิทยาศาสตร์ได้มีการพัฒนาวิธีและเทคนิคที่สามารถประมาณค่าหาอายุตัวอย่างทางโบราณคดีจากปรากฏการณ์ลูมิเนสเซนซ์ ซึ่งปรากฏการณ์ลูมิเนสเซนซ์ เกิดขึ้นเมื่อประมาณ 457 ปีที่แล้ว นักวิทยาศาสตร์คนแรกที่พบและอธิบายปรากฏการณ์นี้คือ Gesner (1555) ต่อมา Daniels และคณะ (1953) ได้มีการแนะนำให้ใช้เครื่องเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ (TL) เป็นเครื่องมือในการวิจัยเกี่ยวกับการกำหนดอายุ อีก 2-3 ปีต่อมาเทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ (TL) ถูกนำมาใช้ในการกำหนดอายุเซรามิก หลังจากนั้นไม่นาน Boyle (1664) เป็นคนแรกที่ทดลองเกี่ยวกับเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ เรื่องราวต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับปรากฏการณ์ดังกล่าวในยุคนั้นได้ถูกรวบรวมและเผยแพร่โดย Harvery (1957) จนกระทั่งในช่วง ค.ศ. 1985-1998 Aitken เป็นผู้รวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับลูมิเนสเซนซ์และนับว่าเป็นช่วงของการเริ่มนำปรากฏการณ์ลูมิเนสเซนซ์มาใช้กับการหาอายุ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการกำหนดอายุด้วยเทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์มีการปรับแต่งและมีพัฒนาการมาเป็นเวลา 50 ปี ยิ่งไปกว่านั้นเทคนิคนี้ยังคงพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนมาถึงปัจจุบันและในอนาคตต่อไป สังเกตได้จากงานวิจัยที่ยังเผยแพร่อย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน

การกำหนดอายุด้วยเทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์วัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นผลึกในธรรมชาติโดยเฉพาะอย่างยิ่งควอทซ์ (Quartz) เฟลสปาร์ (Feldspers) และแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcuim Carbonate) หรือในตัวอย่างแร่อื่นๆ ที่มีสมบัติเป็นสารเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ ซึ่งอาจจะเป็นตัวอย่างทางธรณีหรือทางโบราณคดี Kiyotaka และคณะ (1992) ก่อนหน้านี้มีการตรวจสอบเทอร์โมลู

มิเนสเซนซ์จากเปลือกหอยแคลไซต์และพบว่าการหาเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์เป็นไปได้สำหรับฟอสซิลหอยแคลไซต์ของ Albicans ได้ค่าอายุ 5×10^5 ปี การทำงานในปัจจุบันเราสามารถตรวจสอบการปล่อยสเปคตรัม TL และกราฟการเรืองแสง โดยพบว่าใน 5 ชนิดแรกที่ได้พบในตระกูล Pectinidae หมายความว่าการหาอายุด้วยเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์สามารถขยายไปยังชนิดอื่นๆ ได้ นอกจากนั้นในปัจจุบันได้ค้นพบฟอสซิลหอยของผลึกแคลไซต์ที่มีอายุมากกว่า 5×10^5 ปี และมีขอบเขตในการหาอายุที่สามารถหาได้ 6×10^5 ปีเท่านั้น 5 ปีถัดมา Vaijapurkar et al., 1997 ได้ศึกษาการปลดปล่อยแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ในตัวอย่างทรายจาก Rajasthan ซึ่งวัดปริมาณรังสีแกมมา โดยดูลักษณะของโกลว์เคิฟมาเปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดรังสีมาตรฐานระหว่าง 0.05-5.00 กิโลเกรย์ Soika และ Delin, 2000 ศึกษาผลของปริมาณรังสีจากโกลว์เคิฟของผลึกบริสุทธิ์ และผงผลึก หลังจากฉายรังสีแกมมาของ Co-60 จะมีปริมาณรังสีต่างกันหรือกล่าวได้ว่าผลของรังสีที่แตกต่างกันจะนำไปสู่ลักษณะโกลว์เคิฟที่มีรูปร่างปริมาณความแรงต่างกัน ในปี 2545 สมหมาย และพวงทิพย์ ได้ศึกษาการตอบสนองต่อรังสีของโครงสร้างสัตว์ทะเลประเภทมีเปลือกหอยและกระดองด้วยเครื่องอ่านแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์พบว่าเปลือกและกระดองของสัตว์ทะเลสามารถที่จะใช้ตรวจวัดปริมาณรังสีในธรรมชาติได้และใช้ในการบ่งบอกอายุของซากสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ทางโบราณคดีได้ Polikreti et al. (2003) ได้ศึกษา TL peak ของวัตถุหินอ่อน พบว่า peak ที่ 290°C ได้เลือกเป็น peak ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งยอดนี้จะปรากฏเกือบทุกประเภทในหินอ่อนทั่วไปในสมัยโบราณซึ่งคำนวณอายุได้ประมาณ 2570±410 ปี 1 ปีถัดมา สันติ (2547) ได้วิเคราะห์หาอายุตะกอนยุคควอเทอร์นารี ด้วยวิธีเปล่งแสงความร้อนและวิธีคาร์บอน -14 เทคนิคที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 2 เทคนิค คือ ชนิดโททัลบลีชและรีเจเนอเรชันผลจากการวิจัยบ่งชี้ว่าปริมาณรังสีที่มีอยู่ในตัวอย่างตะกอนให้ค่าแตกต่างกันในแต่ละเทคนิค จากการประมวลผลพบว่า อายุที่กำหนดได้จากวิธีเปล่งแสงความร้อน และวิธีคาร์บอน -14 ให้ค่าอายุด้วยที่ใกล้เคียงกัน การกำหนดอายุด้วยวิธีเปล่งแสงความร้อนมีข้อดีมากกว่ากำหนดอายุด้วยวิธีคาร์บอน -14 ในข้อกำจัดของช่วงอายุที่แต่ละวิธีนั้นสามารถกำหนดได้ โดยที่การหาอายุด้วยวิธีคาร์บอน -14 มีประสิทธิภาพเพียงช่วงอายุ 0-45,000 ปี ในขณะที่วิธีเปล่งแสงความร้อนนั้นสามารถกำหนดอายุได้ถึง 2 ล้านปี ในตัวอย่างตะกอน และ 0.7 ล้านปี ในตัวอย่างอุลกมณี Tidarut Udorn และ Pichet (2008) ได้ศึกษาการกำหนดอายุของแร่อะราโกไนท์จากซากเปลือกหอยน้ำจืดในดินที่ตกตะกอนล่างสุด จากโรงงานไฟฟ้าเหมืองแม่เมาะ ทำการทดลองวิธี ESR พบว่าใช้งานสัญญาณที่ g= 2.0016 สอดคล้องกับ CO_2^- จะรับปริมาณรังสีในธรรมชาติที่จะได้รับ ESR พบว่าอายุของแร่อะราโกไนท์จากซากเปลือกหอยประมาณ 113.02± 1.02 ล้านปี ผลที่แสดงให้เห็นว่าอายุ ESR อยู่ในช่วงของยุคกลาง รุสมาดี (2552) ศึกษาคุณสมบัติทางเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ของทรายชายหาดจากทะเลฝั่งตะวันตกและตะวันออกในภาคใต้ของประเทศไทยเพื่อประโยชน์ใช้ในการตรวจวัดปริมาณการอาบรังสี (Dosimeter) ผลของโกลว์เคิร์ฟที่ได้ให้ผลที่แตกต่างกันขึ้นกับสารประกอบที่ปนเปื้อนในทราย และใน

ปี 2010 Xiao และคณะ ได้หาอายุทางโบราณคดีสมัยหินใหม่ของแม่น้ำแยงซีในประเทศจีนโดยใช้ตะกอนและตัวอย่างดินเผามีอายุ 5.4±0.3 และ 5.1±0.3 พันปี ตามลำดับ

จากงานวิจัยที่เผยแพร่จำนวนมากเกี่ยวกับการกำหนดอายุด้วยเทคนิคนี้ ไม่เพียงแต่การนำไปใช้กับตัวอย่างธรณีและตัวอย่างทางโบราณคดีเท่านั้น แต่ยังนำไปตรวจสอบอาหารฉายรังสีได้อีกด้วย โดยประวัติการฉายรังสีในอาหารเริ่มต้นจากการค้นพบรังสีเอ็กซ์ (X–rays) โดย W.K. Roentgen ในปี ค.ศ. 1895 และสารกัมมันตรังสี (radioactive substances) โดย H. Becqueral ในปีถัดมา ทำให้มีการเริ่มต้นการศึกษาผลกระทบของรังสีต่อสิ่งมีชีวิต ในการใช้รังสีในการถนอมอาหารครั้งแรก ได้มีการจดสิทธิบัตรในปี ค.ศ.1905 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ส่วนในประเทศสหรัฐอเมริกา เริ่มใช้รังสีกับอาหารครั้งแรกในปี ค.ศ. 1920 โดยมีวัตถุประสงค์ในการทำลายพยาธิ *Trichinella spiralis* ซึ่งมีปะปนอยู่ในเนื้อสุกร (Jones, 1992) และมีการศึกษาอย่างมากเกี่ยวกับผลของรังสีเอ็กซ์ต่ออาหารและองค์ประกอบ ในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1920-1930 ต่อมาในปี ค.ศ. 1963 ได้มีการฉายรังสีข้าวสาลีและแป้งสาลีเพื่อควบคุมแมลง และใช้ในการถนอมอาหารสำหรับนักบินอวกาศของประเทศสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1972 และในปี ค.ศ. 1987 ทางกลุ่มประเทศเศรษฐกิจยุโรป ยกเว้นสหราชอาณาจักรและเยอรมันตะวันตก ได้รับรองความปลอดภัยของอาหารบางชนิดที่ผ่านการฉายรังสี และในปัจจุบันนี้มีมากกว่า 40 ประเทศทั่วโลกที่ได้รับรองอาหารที่ผ่านการฉายรังสีอาหารซึ่งมีมากกว่า 100 รายการ ซึ่งในจำนวนนี้มี 25 ประเทศที่รับรองอาหารฉายรังสีที่ผลิตเพื่อการค้าการฉายรังสีในหลายประเทศส่วนใหญ่ มีวัตถุประสงค์ในการควบคุมและทำลายแบคทีเรียและเชื้อราในเครื่องเทศ นอกจากนั้นยังใช้ในการชะลอการงอกของมันฝรั่งและหัวหอม และการถนอมรักษาธัญพืชและแป้ง ผลไม้สด รวมไปถึงเนื้อสัตว์จำพวกสัตว์ปีก เมล็ดพืช ปลา และเนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ โดยมีรายงานว่าการใช้รังสีแกมมา สามารถคงคุณลักษณะที่ดีของอาหารและทำลายจุลินทรีย์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

และงานวิจัยเพิ่มเติมโดย S. Pinnioja (1993) ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการทางเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์เพื่อการตรวจสอบของอาหารที่ผ่านการฉายรังสี พบว่าอาหารที่ผ่านการฉายรังสีสามารถตรวจพบโดยเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ โดยได้ทำงานทดลองในตัวอย่างประเภทสมุนไพร เครื่องเทศ เบอร์รี่ เห็ดและอาหารทะเลจำนวน 300 ชนิด จากการศึกษาโดยวิธีเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ พบว่า สมุนไพรและเครื่องเทศฉายที่นำมาทดสอบสองปีหลังจากการฉายรังสีปริมาณ 10 กิโลเกรย์ มีความแตกต่างจากสมุนไพรและเครื่องเทศที่ไม่ฉายรังสี และองค์ประกอบของแร่จากอาหารทะเลส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต Pinnioja และ Lindberg (1998) ได้ทำการศึกษาพบว่ามีการเลือนลางของสัญญานเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ในตัวอย่างพริกที่มีการอาบรังสีแกมมาเมื่อตัวอย่างอาบรังสีที่ศึกษาเก็บเป็นเวลานาน ในขณะเดียวกัน Ziegelmann (1998) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของสัญญานเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์และอิเล็คตรอนสปินเรโซแนนซ์ในหอยฉายรังสี พบว่าเปลือกหอยสามารถใช้ในการตรวจวัดปริมาณรังสีที่ได้รับได้และการเปรียบเทียบเครื่องมือทั้งสองพบว่าให้ผลที่

ใกล้เคียงกัน หลังจากนั้นในปี (2007) Ijaz ได้ศึกษาเกี่ยวกับการตอบสนองต่อรังสีในตัวอย่างหอยฉายรังสีโดยใช้เทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ และลักษณะของแร่ที่มีอยู่ในเปลือกหอยโดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์เพื่อสนับสนุนผลของเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ Cruz-Zaragoza (2012) ศึกษาเกี่ยวกับการของสัญญานเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ในเปลือกหอยนางรม เพื่อจำแนกอาหารฉายรังสี การประเมินปริมาณรังสีพบว่าสามารถใช้ในการตรวจสอบอาหารฉายรังสีเพื่อกำหนดช่วงอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

ในประเทศไทยมีการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการทางเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์เพื่อการตรวจสอบของอาหารที่ผ่านการฉายรังสีอย่างแพร่หลาย ในปี (2550) เสาวพงศ์ ศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อคุณภาพของปูอัดโดยการฉายรังสีปริมาณ 0.5, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ กับปูอัดที่นำมาจากผู้ผลิตทางการค้า บรรจุแบบมีอากาศบนถาดโฟมคลุมด้วยพลาสติก พบว่า สามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดลงได้ 1-2 Log cycles และปริมาณรังสีเพียง 0.5 กิโลเกรย์ ก็สามารถกำจัดแบคทีเรียพวก coliforms และ *Staphylococcus aureus* ได้หมด แม้ว่าค่า Thiobarbituric acid number ในปูอัดฉายรังสี 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติจากปูอัดไม่ฉายรังสี แต่คะแนนคุณภาพด้านประสาทสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้จะฉายรังสีสูงถึง 1.5 กิโลเกรย์ ปริมาณรังสี 1.5 กิโลเกรย์ จึงน่าจะเพียงพอสำหรับใช้ในการลดจำนวนจุลินทรีย์และกำจัดแบคทีเรียพวก coliforms และ *Staphylococcus aureus* ที่ปนเปื้อนในปูอัดได้โดยไม่ทำให้คุณภาพด้านประสาทสัมผัสเปลี่ยนแปลง ในปี (2551) ถนอมเกียรติ และคณะได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการตรวจสอบเครื่องปรุงรสฉายรังสีเชิงคุณภาพโดยเทคนิค TL เพื่อให้ได้ผลการตรวจสอบที่ถูกต้อง พบว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์คือ 50 ถึง 300 องศาเซลเซียสและศึกษาผลของปริมาณรังสีดูดกลืนที่มีต่อสัญญาณ TL และความถูกต้องของผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพจากค่า TL ratio (G1/G2) ระหว่างสัญญาณ TL ก่อนและหลังฉายรังสี 1 กิโลเกรย์ ที่ใช้เป็นปริมาณรังสีดูดกลืน พบว่า การตรวจสอบดังกล่าวสามารถใช้ยืนยันเครื่องปรุงรสที่ผ่านการฉายรังสีได้อย่างถูกต้อง โดยกระเทียมผงที่ผ่านการฉายรังสีจะให้ค่า TL ratio มากกว่า 0.5 ขณะที่กระเทียมผงที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีให้ TL ratio น้อยกว่า 0.1 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานยุโรป (European standard; EN-1788) ในปีถัดมาอาทิตย์ และคณะ (2552) ศึกษาผลของแร่องค์ประกอบต่อความเข้มของสัญญาณ TL โดยสกัดแยกแร่องค์ประกอบจากตัวอย่างกระเทียมผงผ่านการฉายรังสีแกมมาและไม่ได้ผ่านการฉายรังสีด้วยสารละลายโซเดียมโพลีทังสเตท ตรวจสอบชนิดและปริมาณแร่องค์ประกอบด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) วิเคราะห์ความเข้มของสัญญาณ TL พบว่ามีควอตซ์ (SiO_2) เป็นแร่องค์ประกอบหลัก โดยความเข้มของสัญญาณ TL มีค่าเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักควอตซ์ที่เพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าปริมาณแร่องค์ประกอบที่มีในตัวอย่างกระเทียมผงมีผลต่อความเข้มของสัญญาณ TL ซึ่งอาจส่งผลต่อการตรวจพิสูจน์กระเทียมฉายรังสีด้วยเทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์

1.2.2 ข้าวเกรียบปลา

1.2.2.2 ความหมายและความสำคัญ

ข้าวเกรียบ หมายถึง อาหารว่างชนิดหนึ่งที่ทำจากแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก อาจมีส่วนประกอบของเนื้อสัตว์หรือผัก หรือผลไม้ เช่น ปลา กุ้ง ฟักทอง เผือก งาดำ งาขาว บดผสมให้เข้ากับเครื่องปรงรส แล้วทำให้เป็นรูปทรงตามต้องการ นึ่งให้สุก ตัดให้เป็นชิ้นบางๆ นำไปทำให้แห้งด้วยแสงแดดหรือวิธีอื่นๆ ที่เหมาะสม อาจทอดก่อนบรรจุหรือไม่ก็ได้ (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546) คุณภาพที่สำคัญของข้าวเกรียบที่ทำให้ผู้บริโภคยอมรับคือความกรอบซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าพองตัวและรสชาติซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวได้ถูกรวบรวมไว้โดย Karrila (2011)

ข้าวเกรียบปลา หรือ กรือโป๊ะ (kerepok) เป็นอาหารว่างที่ได้รับความนิยมและมีความสำคัญในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Karrila, 2011) โดยเฉพาะในจังหวัดปัตตานี นราธิวาส ที่เป็นแหล่งผลิตข้าวเกรียบที่สำคัญ จากข้อมูลการสำรวจล่าสุดของลักษณา และคณะ (2556) พบว่าในจังหวัดปัตตานีมีโรงงานผลิตข้าวเกรียบทั้งสิ้น 119 ราย โดยมีกำลังผลิตประมาณ 7.69 ตัน/เดือน/โรงงาน และราคาขายโดยเฉลี่ยเท่ากับ 44 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งสามารถทำรายได้ให้กับท้องถิ่นเป็นอย่างมาก

Prince of Songkla University Pattani Campus

1.2.2.3 ส่วนผสมของข้าวเกรียบปลา

แป้ง เป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลา ส่วนใหญ่จะใช้แป้งมันสำปะหลัง ในผู้ประกอบการบางรายอาจมีแป้งสาคูผสมลงไปด้วย แป้งช่วยในการเกิดเจลในกระบวนการผลิตและยังช่วยให้ข้าวเกรียบเกิดการพองตัวเมื่อนำไปทอด (Charles *et al.*, 2006)

ปลา เป็นอาหารที่มีปริมาณโปรตีนสูงเช่นเดียวกับสัตว์อื่นๆ ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาใกล้เคียงกับโปรตีนในเนื้อที่ปราศจากไขมัน การเลือกปลาที่ใช้ในการทำข้าวเกรียบปลานิยมใช้ปลาที่มีเนื้อเหนียว เช่น ปลาทู ปลาหลังเขียว ปลาข้างเหลือง ส่วนปริมาณเนื้อปลาที่ใช้ผสมต้องเหมาะสมกับการพองตัวของข้าวเกรียบปลา (พัชรี และอรวรรณ, 2546)

โปรตีน โปรตีนของปลามีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดเจลและยังส่งผลต่อความเหนียวของข้าวเกรียบเปียก เนื่องจากปลามีไมโอซิน (myosin) โดยความเหนียวจะแปรผันตรงกับปริมาณไมโอซิน (สมชาย, 2539)

ปริมาณน้ำ ช่วยในการผสมแป้ง น้ำที่ใช้ควรใช้น้ำเย็นเพราะน้ำเย็นช่วยให้การเกิดเจลของเนื้อปลาเกิดขึ้นได้ดี ช่วยควบคุมอุณหภูมิในส่วนผสมและความคงตัวจะมีมากขึ้นถ้าใช้อุณหภูมิต่ำในการผสมและน้ำที่ใช้ควรได้รับมาตรฐานน้ำบริโภค นอกจากนี้ยังช่วยให้เกลือและสารละลายเกิดการละลายได้ดีขึ้นตลอดจนช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติที่ดี (เอกชัย และคณะ, 2543)

เกลือ เป็นสารเพิ่มรสเค็มให้แก่ข้าวเกรียบ

น้ำตาล มีผลให้การพองตัวของเม็ดแป้งช้าลง เนื่องจากน้ำตาลสามารถจับตัวกับน้ำได้ดีกว่าแป้ง จึงสามารถดึงน้ำไปรวมได้ดีกว่า ถ้าใส่มากเกินแป้งเปียกจะไม่พองตัว ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่พองตัวเมื่อนำไปทอด (เอกชัย และคณะ, 2543)

พริกไทย การใส่พริกไทยในข้าวเกรียบนั้น มีผลต่อกลิ่นรสของข้าวเกรียบมาก ข้าวเกรียบปลาและข้าวเกรียบปลาหมึกในแต่ละตำรับใช้พริกไทยเป็นส่วนผสมไม่เท่ากัน ข้าวเกรียบปลามักใช้พริกไทยมากกว่าข้าวเกรียบปลาหมึกทั้งนี้เพราะต้องการดับกลิ่นคาวปลา (นิรมล, 2527)

กระเทียม การใช้กระเทียมในข้าวเกรียบ มีวัตถุประสงค์เช่นเดียวกับการใช้พริกไทย ทั้งนี้เนื่องจากกระเทียมมีสารบางชนิด ซึ่งสามารถเปลี่ยนไปเป็นสาร allicin เมื่อบดหรือขยี้ ทำให้มีกลิ่นอย่างรุนแรงแต่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (งามจิตร, 2529)

1.2.3 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัส

Sacharow and Griffin (1980 อ้างถึงใน สายใย, 2536) ได้ศึกษากรรมวิธีผลิตและแคบหมูปรุงรส พบว่า ระบบสุญญากาศเป็นเทคนิคที่นำมาใช้ในการป้องกันไม่ให้เกิดการเน่าเสียเพราะปฏิกิริยาเคมี การกำจัดก๊าซออกซิเจน สามารถยืดอายุในการเก็บรักษายาวนานขึ้น โดยเฉพาะอาหารที่ไวต่อก๊าซออกซิเจน เช่น ชา กาแฟ อาหารคบเขี้ยว เป็นต้น เนื่องจากแคบหมูเป็นอาหารที่มีการพองตัวสูงเมื่อบรรจุในภาชนะจะทำให้มีช่องว่างระหว่างชิ้นอาหาร ดังนั้นออกซิเจนจากบรรยากาศจึงสามารถแทรกเข้าไปอยู่ได้ จึงต้องกำจัดปริมาณออกซิเจนให้น้อยที่สุด เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

ศรายุทธ์ (2551) ศึกษาผลของการใช้น้ำมันทอดซ้ำต่อสีของน้ำมันปาล์ม การดูดซับน้ำมัน เนื้อสัมผัสและสีของข้าวเกรียบกุ้งทอด ผลการวิเคราะห์ค่าสีของน้ำมันปาล์มหลังผ่านการทอดข้าวเกรียบกุ้งทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ครั้งแรกและหลังการทอดซ้ำ 1, 2, 3 และ 4 ครั้ง พบว่าค่าสี L (ความสว่าง), a (สีเขียว-สีแดง) และ b (สีน้ำเงิน-สีเหลือง) ของน้ำมันปาล์มหลังผ่านการทอดครั้งแรกกับหลังการทอดซ้ำทั้ง 4 ครั้งจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การที่ค่าสีของน้ำมันปาล์มมีความแตกต่างกันหลังจากผ่านการทอดข้าวเกรียบกุ้งในแต่ละครั้งเป็นเพราะน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดซ้ำหลายๆ ครั้งจะมีสีเข้มออกสีน้ำตาลคล้ำ ผลการวิเคราะห์ค่าสีของข้าวเกรียบกุ้งทอด พบว่าค่าสี L (ความสว่าง) ของข้าวเกรียบกุ้งทอด โดยใช้น้ำมันปาล์มใหม่และน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดในครั้งแรกทอดซ้ำอีก 1, 2, 3 และ 4 ครั้ง จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้น้ำมันทอดซ้ำทำให้ค่าสีของข้าวเกรียบกุ้งทอดเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ผลการวิเคราะห์การดูดซับน้ำมันของข้าวเกรียบกุ้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เสาวลักษณ์ และคณะ (2552) ศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างปริมาตรน้ำมันทอดและน้ำหนักไก่ที่มีผลต่อคุณภาพน้ำมันทอดโดยใช้อุณหภูมิ 170, 180 และ 190 องศาเซลเซียส เวลา 15, 18 และ 21 นาทีอัตราส่วนระหว่างปริมาตรน้ำมันทอด:น้ำหนักไก่หมักเครื่องปรุง 10:1, 10:2 และ 10:3 พบว่าคุณภาพของน้ำมันลดลงโดยมีปริมาณกรดไขมันอิสระและค่าเปอร์ออกไซด์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่า *p*-anisidine เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่ออัตราส่วนของน้ำมัน:ไก่ เพิ่มขึ้นจาก 10:1.5 เป็น 10:2.0 และ 10:2.5 ส่วนการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำมันและความหนืด พบว่าสีของน้ำมันทอดจะคล้ำขึ้นอย่างช้าๆ เมื่อปริมาณไก่เพิ่มขึ้น โดยที่ค่าแสดงความเป็นสีแดง (a*) และค่าแสดงความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าความหนืดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณไก่เพิ่มขึ้นมีผลต่อสีผิวของไก่เพียงค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

1.2.4 การวิเคราะห์ทางเคมี

สมมาตร และสาคร (2542) ศึกษาการเกิดกลิ่นหืนของน้ำมันที่ใช้ในการทอดข้าวเกรียบ โดยศึกษาถึงจำนวนซ้ำของน้ำมันที่ใช้ทอด ซึ่งการทอดจะแบ่งน้ำมันออกเป็น 4 กลุ่ม คือ ชุดควบคุมที่ไม่ได้เติมสารกันหืน, เติมสาร BHA 200 ppm, เติมสาร PG 200 ppm, และเติมสารผสมระหว่าง BHA กับ PG ในอัตราส่วน 1:1 ปริมาณ 200 ppm จะทำการทอดตัวอย่างละ 4 ซ้ำ โดยในแต่ละซ้ำจะเป็นการให้ความร้อนเริ่มจากอุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 165-180 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์สารที่เกิดจากการออกซิเดชันของไขมันโดยใช้ค่า มิลลิกรัม/กิโลกรัมตัวอย่าง เป็นตัวบ่งชี้การเกิดกลิ่นหืนของข้าวเกรียบ จากการทดลองหาค่ากลิ่นหืนของน้ำมันโดยวิเคราะห์ค่า TBARs พบว่าน้ำมันที่ยังไม่ผ่านการทอดจะมีค่า TBARs อยู่ในช่วง 0.094-0.101 มิลลิกรัมมัลโลนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ส่วนน้ำมันที่ผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 1 และน้ำมันทอดซ้ำครั้งที่ 2 ซึ่งทำการทอดในวันเดียวกัน ค่าของกลิ่นหืนที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน โดยค่า TBARs อยู่ในช่วง 0.749-0.874 และ 0.865-0.986 มิลลิกรัมมัลโลนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ในซ้ำที่ 1 และซ้ำที่ 2 ตามลำดับ ส่วนน้ำมันซ้ำที่ 3 และซ้ำที่ 4 ซึ่งทำการทอดหลังจากทอดในซ้ำที่ 1 และ 2 เป็นเวลา 5 วัน ค่าการเกิดกลิ่นหืนของน้ำมันแตกต่างกันและจะมีความแตกต่างจากซ้ำน้ำมันที่ 1 และซ้ำมันที่ 2 โดยค่า TBARs ของน้ำมันซ้ำที่ 3 อยู่ในช่วง 1.135-1.342 มิลลิกรัมมัลโลนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง และน้ำมันซ้ำที่ 4 อยู่ในช่วง 1.669-1.794 มิลลิกรัมมัลโลนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ซึ่งค่าของกลิ่นหืนนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนซ้ำของการทอดเพิ่มขึ้น และจากการทดลองนี้ยังพบว่าค่าของกลิ่นหืนของน้ำมันที่เติมสารกันหืนจะมีค่าน้อยกว่าน้ำมันที่ทอดโดยไม่เติมสารกันหืน

Prince of Songkla University Pattani Campus

1.2.5 การวิเคราะห์จุลินทรีย์

Saovapong Charoen and Kovit Nouchpramool (1998) ศึกษาผลของรังสีแกมมาปริมาณ 2 และ 3 กิโลเกรย์ ที่มีต่อคุณภาพทางแบคทีเรีย เคมี และประสาทสัมผัสของเนื้อวัวสดบดเปรียบเทียบกับเนื้อวัวสดบดที่ไม่ได้ฉายรังสี การตรวจการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนแบคทีเรียชนิดต่างๆ ความเป็นกรด-ด่าง การออกซิเดชันของไขมัน (ค่า TBA number) และคุณภาพทางด้านสี กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัสของตัวอย่าง ได้กระทำในวันรุ่งขึ้นหลังจากการฉายรังสี และเก็บที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 2 และ 3 กิโลเกรย์ ช่วยลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดลง 1-2 และ 1-3 log cycles ตามลำดับ โดยที่จำนวน *Lactobacillus* spp. ก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การฉายรังสีปริมาณ 2 กิโลเกรย์ สามารถทำลายเชื้อ *Escherichiacoli* และ *Staphylococusaureus* ที่มีอยู่ได้หมด ตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella spp.* ในตัวอย่างทั้งที่ไม่ฉายรังสีและฉายรังสี ค่า TBA number ของเนื้อวัวบดฉายรังสีเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ pH มีค่าลดลง การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีและกลิ่นของเนื้อวัวสดบดที่ฉายรังสี และการทดสอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของเนื้อวัวบดที่ฉายรังสีแล้วทอดไม่พบว่าทำให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี และอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับ ปริมาณรังสี 2 กิโลเกรย์ จึงเพียงพอที่ใช้ในการฉายรังสีเพื่อปรับปรุงคุณภาพทางแบคทีเรียของเนื้อวัวสดบด

นันทิชา (2553) การศึกษาผลของรังสีแกมมาต่ออัตราการรอดของแบคทีเรียก่อโรคที่อาจปนเปื้อนในหอยนางรม (*Crassostrea belcheri)* ได้แก่ Salmonella *Weltevreden* (สายพันธุ์ที่แยกได้จากหอยในประเทศไทย) *Vibrio parahaemolyticus* และ *Vibrio vulnificus* ATCC 27562 ที่ปนเปื้อนในระดับสูง (10^7 CFU/ก. หรือ มล.) ผลการศึกษาความไวต่อการถูกทำลายด้วยรังสีโดยศึกษาปริมาณรังสีที่ใช้ในการฆ่าแบคทีเรียเป้าหมายให้ลดปริมาณลง 1 log cycle หรือ 90 เปอร์เซ็นต์ หรือค่าดีเท็น (D_{10}) ในอาหารเลี้ยงเชื้อและในเนื้อหอยปั่น พบว่า ค่า D_{10} ของเชื้อ *Salmonella Weltevreden, Vibrio parahaemolyticus* และ *Vibrio vulnificus* ในอาหารเลี้ยงเชื้อคือ 0.154, 0.164 และ 0.059 กิโลเกรย์ ส่วนในเนื้อหอยปั่น คือ 0.330, 0.186 และ 0.129 กิโลเกรย์ ตามลำดับ โดยพบว่าแบคที่เรียกลุ่ม *Vibrio spp.* ทนต่อรังสีได้ต่ำ ส่วน *Salmonella Weltevreden* ทนต่อรังสีได้มากที่สุด

จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ (2013) ศึกษาผลของการฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผงอบเชย ที่ปริมาณรังสี 0, 5, 10, 15 และ 20 กิโลเกรย์ และตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราทั้งหมด และเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ Coliform bacteria, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Bacillus cereus* และ *Clostridium perfringens* พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อราทั้งหมดมีปริมาณลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น โดย

Prince of Songkla University Pattani Campus

ปริมาณโดสที่ 10 และ 5 กิโลเกรย์ สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อยีสต์และราทั้งหมดได้ตามลำดับ ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ Coliform bacteria, *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. ไม่พบทั้งในตัวอย่างที่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสี ส่วนเชื้อ *Bacillus cereus* และ *Clostridium perfringens* สามารถกำจัดได้โดยการฉายรังสีปริมาณ 5 กิโลเกรย์ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการฉายรังสีปริมาณ 5 กิโลเกรย์ เพียงพอในการควบคุมคุณภาพทางจุลชีววิทยาให้เป็นไปตามมาตรฐานได้

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 ศึกษาคุณภาพการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาแบบสดเริ่มต้น (ไม่ฉายรังสี) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1.3.2 ศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อคุณภาพการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาแบบสดเพื่อนำไปสู่การยืดอายุในการเก็บรักษาให้นานขึ้น

1.3.3 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้าวเกรียบปลาแบบสดที่ผ่านการฉายรังสีและไม่ฉายรังสีเพื่อดูลักษณะเฉพาะเจาะจงด้วยเครื่องอ่านแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์

1.3.4 เพื่อเป็นการประเมินความปลอดภัยของปริมาณการรับรังสีในตัวอย่างอาหารฉายรังสีด้วยเทคนิคแกมมาสเปกโตรเมตรี

Prince of Songkla University Pattani Campus