บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลพื้นที่ตำบลคลองโคน

ตำบลคลองโคน ตั้งอยู่ห่างจากอำเภอเมืองสมุทรสงคราม ประมาณ 15 กิโลเมตร มีพื้นที่ทั้งสิ้น 33.69 ตารางกิโลเมตร (21,056 ไร่) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบชายฝั่ง มีป่าแสมและโกงกางบริเวณที่อยู่ติดชายเลนจะเป็นพื้นที่น้ำเค็ม และพื้นที่บางส่วนจะเป็นพื้นที่น้ำกร่อย ราษฎรประกอบอาชีพทำการประมง และสวนมะพร้าว ประชากรในพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลคลองโคน โดยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพการทำประมงชายฝั่งควบคู่กับการทำกะปิ รวมทั้งการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น เลี้ยงกุ้ง หอยแครง หอยแมลงภู่

2.2 กะปิ

กะปิ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักเคยกับเกลือในอัตราส่วนที่เหมาะสม แล้วนำมาผ่านกรรมวิธีการแยกน้ำออกบางส่วน บดให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วหมักต่ออีกระยะหนึ่ง จนได้กลิ่น รส ที่ต้องการ

กะปิ (อังกฤษ: shrimp paste หรือ shrimp sauce) เป็นเครื่องปรุงรสอย่างหนึ่งที่แพร่หลายในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และทางตอนใต้ของประเทศจีน คำว่ากะปิ ใช้กันแพร่หลายทั้งในไทย ลาว และกัมพูชา ส่วนในอินโดนีเซีย เรียกกะปิว่าเตอราซี terasi (หรือ trassi, terasie) มาเลเซีย เรียกว่า เบลาจัน belacan (หรือbelachan, blachang) , เวียดนาม เรียกว่า mắm tôm , ฟิลิปปินส์ เรียกว่า bagoong alamang (หรือ bagoong aramang) และ ภาษาจีนฮกเกี้ยน เรียกว่า hom haหรือ hae ko (POJ: hê-ko)

กะปิเป็นตำรับอาหารของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งในปัจจุบันกะปิกลายมาเป็นหนึ่งในวัฒนธรรมอาหาร และสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนต่างๆ จากการผลิตกะปิขาย ในประเทศไทยมีกะปิมากมายหลายชนิดให้เลือกรับประทาน กะปิแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน ทั้งคุณภาพ วัตถุดิบ กรรมวิธีผลิต ตามแต่ท้องถิ่นนั้นๆ โดยส่วนใหญ่ทำจากกุ้งเคย ซึ่งมีมากในแทบชายฝั่งทะเลอันดามัน จึงทำให้มีการผลิตกะปิในหลายๆ แห่ง ในพื้นที่ชายฝั่งติดกับทะเล กะปิทำจากตัวเคย หรือ กุ้งเคย เป็นสัตว์ทะเลชนิดหนึ่ง มีลักษณะคล้ายกุ้งแต่ตัวเล็กกว่า และไม่มีกรีแหลมๆ ที่บริเวณหัว เหมือนกุ้ง ตัวสีขาวใส มีตาสีดำ อาศัยอยู่ตามบริเวณผิวทะเล

2.2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกะปิ

ระดับคุณภาพและรสชาติของกะปิ ขึ้นกับวัตถุดิบที่นำมาใช้ รวมถึงระยะเวลา และกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม สัตว์น้ำที่นำมาใช้ในการทำกะปิได้แก่ เคยซึ่งเป็นสัตว์น้ำจำพวกแพลงก์ตอน มีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับกุ้ง มักรวมกันอยู่เป็นกลุ่มล่องลอยตามกระแสลมทะเล ไม่มีที่อยู่อาศัยเป็นหลักแหล่ง (ภาพที่ 2.1) ชนิดของเคยทีทำกะปิแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ เคยหยาบ เคยตาดำ หรือเคยละเอียดและ เคยสำลี กะปินอกจากจะทำจากเคยทั้ง 3 กลุ่มข้างต้นแล้ว ในจังหวัดตราดยังมีการทำกะปิจาก เคยส้มโอ เคยกุเลา หรือแหล่งผลิตจากจังหวัดชุมพร มีการทำกะปิจาก เคยฝอย เคยแม่ลูก เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการทำกะปิโดยใช้สัตว์น้ำอื่น เช่น ฝอยน้ำจืด กุ้งฝอยน้ำเค็ม และปลาไส้ตัน

ภาพที่ 2.1 กุ้งเคย
ที่มา : http://www.siamkapi.com/content/14-what-is-shrimp-paste-and-how-to-make

2.2.1.1 การจับกุ้งเคย

ขึ้นอยู่กับสภาพของลมฟ้าอากาศและลมมรสุม เนื่องจากเคยเป็นสัตว์น้ำจำพวกแพลงก์ตอน เมื่อถูกกระแสน้ำและกระแสลมมากระทบกระเทือนก็จะถูกพัดพาไปตามแรงคลื่นและลม ฤดูทำการประมงเคยของแต่ละจังหวัดจึงแตกต่างกันไปตามฤดูมรสุม ทางฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยตั้งแต่จังหวัดระยองถึงตราด จะอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงธันวาคม ส่วนจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ สมุทรสาคร เพชรบุรี จะทำการประมงเกือบตลอดปี ทางฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย คือ จังหวัด ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส ฤดูที่ทำการประมงเคยก็จะแตกต่างกันออกไป คือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์และชุมพร เคยจะชุกชุมในเดือนมีนาคมถึงเมษายน จังหวัดสุราษฎร์ธานีจะชุกชุมในเดือนมีนาคมถึงเมษายนและกรกฎาคมถึงสิงหาคม ตั้งแต่จังหวัดนครศรีธรรมราชถึงนราธิวาส ช่วงที่เคยชุกชุมอยู่ระหว่างเดือนมกราคมถึงมีนาคม (ภาพที่ 2.2)

ภาพที่ 2.2 การจับกุ้งเคย
ที่มา : http://www.siamkapi.com/content/14-what-is-shrimp-paste-and-how-to-make

2.2.1.2 **เครื่องมือในการจับกุ้งเคย**

ส่วนใหญ่ทำจากอวนในล่อนสีฟ้า มีขนาดช่องตาตั้งแต่ 1-2 มม. นำมาเย็บเป็นถุง หรือขณะทำการประมงกางผืนอวนให้มีลักษณะเหมือนถุงเพื่อรวบรวมเคย เครื่องมือที่ใช้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เคลื่อนที่และประจำที่ พวกที่เคลื่อนที่ได้อาจใช้แรงคนหรือกำลังแรงจากเครื่องยนต์ (ภาพที่ 2.3) พวกที่อยู่ประจำที่ก็มักจะผูกติดกับหลัก เสา หรือวัตถุหนัก เพื่อให้เครื่องมืออยู่กับที่ไม่ลอยไปไหน เครื่องมือเคลื่อนที่ได้แก่ อวนล้อม อวนเข็นทับตลิ่ง อวนลาก อวนรุน ระวะรุนเคย เจียดเคย สวิงช้อนเคย และถุงลากเคย เครื่องมือประจำที่ได้แก่ โพงพาง รั้วไซมาน ยอปีก ถุงซั้ง ถุงยักษ์ รอเคย และป้องเคย

ภาพที่ 2.3 เครื่องมือในการจับกุ้งเคย
ที่มา : http://www.siamkapi.com/content/14-what-is-shrimp-paste-and-how-to-make

2.2.2 เกลือ

เกลือที่เติมลงไปจะช่วยป้องกันการเน่าเสียของอาหารได้ ทำให้อาหารปลอดภัยจากการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์เนื่องจากเกลือไปลดค่า water activity ของจุลินทรีย์ แต่อย่างไรก็ตามการหมักกะปิต้องคำนึงถึงสัดส่วนของเกลือด้วย เนื่องจากความเข้มข้นของเกลือสูงจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ให้ช้าลง การเกิดสารให้กลิ่นรสจะช้าลงด้วย เกลือที่นิยมนำมาใช้ในการถนอมอาหาร เป็นเกลือแกงที่ได้จากการระเหยเอาน้ำออกจนแห้งและเป็นผลึก ขนาดของเม็ดเกลือก็มีผลต่อการซึมซาบของเกลือ กล่าวคือเกลือเม็ดใหญ่จะละลายได้ช้ากว่าเกลือเม็ดเล็ก ทำให้ดูดซึมเข้าในเนื้อเยื่อได้ช้า

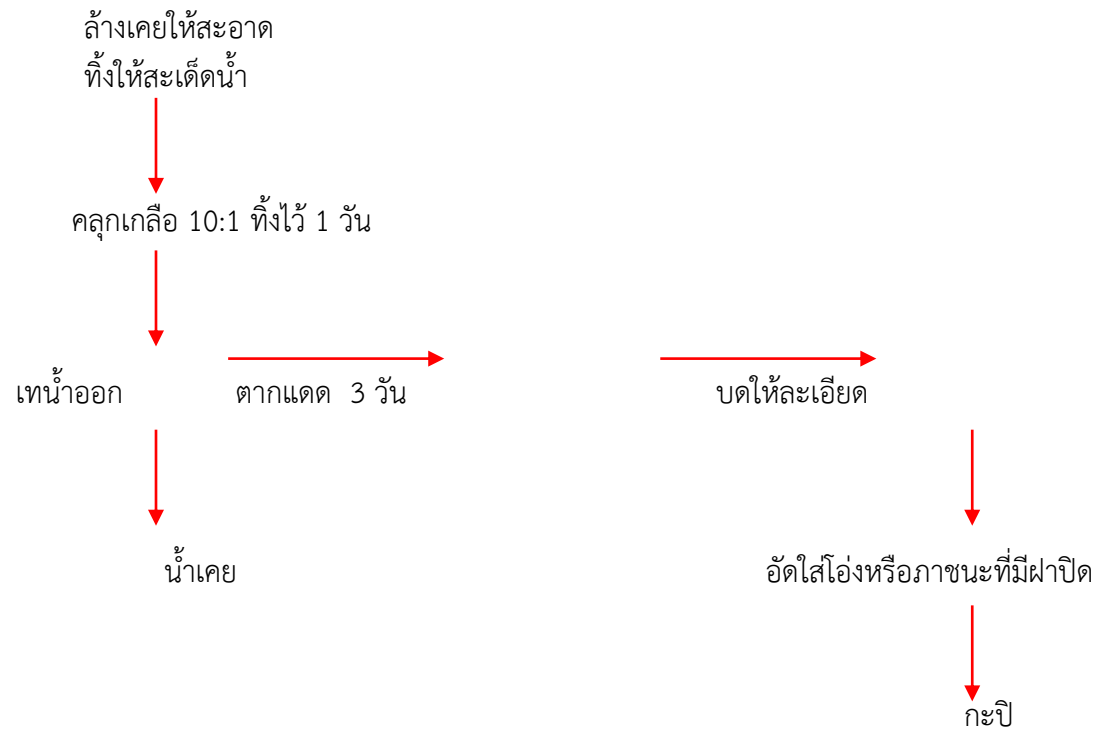
2.2.3 กรรมวิธีการผลิตกะปิคลองโคน

กระบวนการหมักอาศัยเอนไซม์จากตัวกุ้งเองและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยการใส่เกลือในปริมาณที่พอเหมาะเพื่อยับยั้งการเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ ดังนั้นกระบวนการที่จำเป็นและสำคัญที่สุดคือ การย่อยสลายโดยเอนไซม์โดยเฉพาะการย่อยโปรตีนและไขมัน ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่น รส ในผลิตภัณฑ์ วิธีการผลิตกะปิกุ้ง ทำได้โดยนำกุ้งเคยมาล้างให้สะอาด ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ แล้วคลุกเคล้ากับเกลือในอัตราส่วน เคยต่อเกลือประมาณ 10 : 1 ทิ้งไว้ 1 วัน ให้น้ำไหลออกจากตัวกุ้งเคย น้ำที่ได้เรียก “น้ำเคย” ใช้แทนน้ำปลาได้ นำไปตากแดด 3 วัน โดยมีการพลิกวันละ 3-4 ครั้ง พอหมาดๆนำมาบดให้ละเอียด หมักในภาชนะปิดฝามิดชิด ทิ้งไว้ 1-3 เดือน (ดังภาพที่ 2.4 และ 2.5) ระหว่างหมักอาจนำมาตากแดดบ้างบางครั้ง ถ้ามีน้ำซึมที่ผิวก็ตักออกมาเป็นน้ำเคย เก็บได้นาน 12-18 เดือน ขึ้นกับปริมาณเกลือที่ใช้ แต่ไม่ควรเกิน 2 ปี กะปิที่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ละเอียดที่มีความชื้นปานกลาง สีม่วงเทา

(ก) **(ข)** **(ค)**

ภาพที่ 2.4 ขั้นตอนการทำกะปิ (ก) การตากแดด (ข) การบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรง (ค) หมักในภาชนะขนาดใหญ่

ที่มา : โรงงานผลิตกะปิเจ๊จิ๋ม ตำบลคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม



ภาพที่ 2.5 แผนภาพขั้นตอนการทำกะปิเคย

2.2.4 ลักษณะกะปิประเภทต่างๆ

กะปิดี มีกลิ่นหอม สีชมพูปนน้ำตาล รสชาติกลมกล่อมออกหวาน ไม่เค็ม เนื้อกะปิละเอียดเหนียว เนื้อเนียน ไม่เปียก ไม่มีสิ่งแปลกปลอม เช่น กรวด ทราย กะปิดีควรมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหรรม (มอก. 1080-2535) หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 61/2546)

กะปิคุณภาพปานกลาง มีกลิ่นหอมแอมโมเนียปนสาป สีออกชมพูปนม่วง ม่วงปนเทา ม่วงปนน้ำตาล มีรสเค็มมาก เนื้อกะปิละเอียดความชื้น 40-50%

กะปิเลว มีกลิ่นแอมโมเนียและสาปปนหืน กลิ่นตุ หรือเน่าเสีย มีสีน้ำตาลปนดำ มีรสเค็มมากปนขม เค็มไม่มีรสชาติกุ้งปลา เนื้อกะปิหยาบ ร่วนมีทรายปะปน แฉะหรือแห้งมาก มีสิ่งแปลกปลอม สีออกเหลือง มีน้ำแยกตัวออกมา กลิ่นคาวจัดเกินไป

2.2.5 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของกะปิ

กลิ่นรสเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดที่ใช้ในการตัดสินคุณภาพกะปิ เนื่องจากช่วงการหมักกะปินั้นโปรตีนจะถูกย่อยสลายเป็นเปปไทด์สายสั้นๆ กรดอะมิโน และเกลือของกรดกลูตามิก (sodium glutamate) รวมทั้งเกลือของกรดอะมิโนอื่นๆ ซึ่งสารเหล่านี้ทำให้กะปิมีกลิ่นรสที่เฉพาะ (Phithakpol, 1993; Xu et al, 2008; Hajep and Jinap, 2012) โดยกรดกลูตามิกให้รสอูมามิ (umami) ส่วนกรดแอสพาติกให้รสหวาน (Kim et al., 2005) Pongsetkul et al (2015) รายงาน

ว่า Glutamic acid/Glutamine และ Aspartic acid/Asparagine เป็นกรดอะมิโน ที่พบมากที่สุดในกะปิ 11 ตัวอย่างที่เก็บจากแหล่งต่างๆในประเทศไทย และกะปิที่มีปริมาณกรดอะมิโนมากที่สุดได้คะแนนการยอบรับทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะทุกด้านมากที่สุด สารระเหยที่พบในกะปิมีมากกว่า 150 ชนิด (Cha et al., 1995) สารประกอบเหล่านี้ได้แก่ อัลดีไฮด์ คีโตน สารอโรมาติก สารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เอสเทอร์ สารที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ และสารอื่นๆ โดย สาร pyrazine derivatives เป็นสารระเหยที่พบได้มากที่สุดในกะปิ (Pongsetkul et al., 2015) นอกจากนี้มีรายงานว่าสารประกอบที่มีซัลเฟอร์อาจส่งผลต่อรสชาติโดยรวมเนื่องจากระดับกระตุ้น (threshold) ของสารประเภทนี้นี้มีค่าต่ำ (Maga and Katz, 1979 ; Agrahar-Murugkar and Subbulaksmi, 2006) ส่วนคุณลักษณะอื่นๆ เช่น เนื้อสัมผัส สี และรสชาตินั้นมีการปรุงแต่งโดยผู้ผลิต เช่นใช้สีสังเคราะห์ผสมเศษมันต้มเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เหนียวและมีปริมาณมาก หรือใส่น้ำตาลเพื่อให้มีรสกลมกล่อม

เกณฑ์ที่ผู้บริโภคใช้ในการเลือกซื้อกะปิ อันดับแรกเมื่อเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ คือ สี รองลงมาคือ กลิ่นและรส ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสจะมีผู้ให้ความสนใจน้อย การที่ผู้บริโภคเลือกสีเป็นอันดับแรกอาจเนื่องมาจากสีเป็นสิ่งแรกที่เห็นสะดุดตา และในการจำหน่ายกะปิในปัจจุบันส่วนใหญ่บรรจุในภาชนะที่ปิดมิดชิดไม่สามารถดมกลิ่นหรือชิมรสได้

2.2.6 คุณค่าทางอาหารและโภชนาการของกะปิ

กะปิเป็นผลิตภัณฑ์หมักที่สำคัญในการปรุงแต่งรสชาติอาหาร เป็นอาหารที่เปี่ยมไปด้วยโปรตีน แคลเซียม ฟอสฟอรัสและวิตามินต่างๆ การหมักอาศัยเอนไซม์โพรทีโอไลติกจากอวัยวะภายในของกุ้งเคยสดหรือปลา เพื่อย่อยโปรตีนให้กลายเป็นกรดอะมิโนหรือเปปไทด์ และอาศัยจุลินทรีย์ช่วยสร้างกลิ่น รสเฉพาะที่ได้จากการหมัก ซึ่งทำให้เกิดการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ(Seymour et al., 1996) นอกจากนี้สารต้านอนุมูลอิสระอาจเกิดจากสารที่เกิดโดยปฏิกิริยาเมลลาร์ด(maillard reaction products)ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และสารประกอบอะมิโน (Parelta et al., 2008) สารอนุมูลอิสระเป็นสารที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ในร่างกาย ซึ่งปฏิกริยาที่สร้างอนุมูลอิสระนี้เป็นปฏิกริยาที่สร้างประโยชน์ในบางกลไกของร่างกาย เช่นกลไกการขจัดสิ่งแปลกปลอม กลไกที่ใช้เผาผลาญพลังงานของร่างกายหลังจากการรับประทานอาหาร เป็นต้น แต่หากอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย สร้างปัญหามากกว่าก่อประโยชน์ ดั้งนั้น เมื่ออนุมูลอิสระเป็นสาเหตุของปัญหา การจัดการกับอนุมูลอิสระเป็นประเด็นของการสร้างสุขภาพ และป้องกันไปด้วยในตัว นอกจากนี้ ร่างกายยังรับอนุมูลอิสระได้จากภายนอกร่างกาย เช่น อาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารประเภทปิ้ง หรือทอดด้วยน้ำมันที่ใช้มาแล้วหลายครั้ง หรืออาหารที่ทอดโดยใช้น้ำมันในอุณหภูมิสูง มลพิษในอากาศ แสงแดดหรือคลื่นรังสีความร้อน หรือคลื่นรังสี X-ray การดื่มเหล้า การสูบบุหรี่ หรือยาบางชนิด

คุณค่าทางอาหารของกะปิ พบว่ากะปิทุกชนิดต่างก็มีสารอาหารครบ 5 หมู่ ในปริมาณที่แตกต่างกันแบ่งตามคุณภาพกะปิ โดยกะปิดีจะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่ากะปิเลว (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณค่าทางอาหารของกะปิตามชนิดของกะปิ

คุณค่าทางอาหาร	ส่วนประกอบของกะปิ			หน่วย
	กะปิ	กะปิดี	กะปิเลว	
ความชื้น	40.7	40.1	27.4	กรัม
พลังงาน	103.0	143.0	99.0	แคลอรี่
ไขมัน	2.3	3.0	6.3	กรัม
เส้นใย	1.1	1.6	0.2	กรัม
โปรตีน	19.5	27.3	15.7	กรัม
แคลเซียม	926.0	1,554.0	1,559.0	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	661.0	630.0	683.0	มิลลิกรัม
เหล็ก	38.1	-	-	มิลลิกรัม
วิตามิน A	513.0	-	-	LU
วิตามิน B2	0.08	0.36	0.15	มิลลิกรัม
ไนอาซีน	0.8	-	-	มิลลิกรัม

ที่มา: กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, 2520

นฤมล ประภาสุวรรรกุล และโกวิท สุวรรณหงส์ (2556) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกะปิคลองโคน จำนวน 14 ตัวอย่าง พบว่า ความชื้น ปริมาณเถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเกลือ อยู่ในช่วงร้อยละ 37.36- 46.85, 20.95-28.86, 18.95-25.14, 0.69-2.05, 4.27-17.96 และ 19.78-22.96 ตามลำดับ ค่าพลังงานอยู่ในช่วง 113.67-165.25 (Kcal/100กรัม) และ pH อยู่ในช่วง 7.0-7.7 ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างกะปิมีค่าแตกต่างกันซึ่งอาจเนื่องมาจากจาก ชนิดของวัตถุดิบ ปริมาณเกลือที่เติม กรรมวิธีและระยะเวลาในการหมัก อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างกะปิเกือบทุกตัวอย่างมีค่าของโปรตีนสูงกว่าร้อยละ 20 ยกเว้นเพียงตัวอย่างเดียวและปริมาณเถ้าที่พบมีค่าสูงซึ่งแสดงให้เห็นว่ากะปิเป็นแหล่งที่สำคัญของโปรตีนและแร่ธาตุ จากผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าคุณค่าทางอาหารของกะปิที่ผลิตจากคลองโคน จ.สมุทรสงคราม มีคุณภาพกะปิอยู่ในชั้นกะปิดีตามเกณฑ์ของกองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของกะปิคลองโคนกับคุณภาพตามมาตรฐาน มอก. 1080-2535 ดังตารางที่ 2.3 พบว่า กะปิคลองโคน 14 ตัวอย่าง มีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในช่วง 52.76-69.66 กรัม/กิโลกรัม(น้ำหนักแห้ง) โดยตัวอย่างที่มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมีจำนวน 11 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 78.57 ของตัวอย่างทั้งหมด และต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานจำนวน

3 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 21.43 ของตัวอย่างทั้งหมด ตัวอย่างกะปิมีปริมาณเกลืออยู่ในช่วงร้อยละ 34.42-41.97 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งได้ตามเกณฑ์มาตรฐานคือมากกว่าร้อยละ 36 จำนวน 8 ตัวอย่าง และต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อยจำนวน 6 ตัวอย่าง ดังนั้นกะปิคลองโคนจึงมีรสชาติไม่เค็มจัด ค่าความเป็นกรดด่างของตัวอย่างกะปิทุกตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 37.36- 46.85 โดยตัวอย่างที่มีค่าความชื้นตามเกณฑ์มาตรฐาน มีจำนวน 12 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 85.71 ของตัวอย่างทั้งหมด ตัวอย่างที่มีค่าความชื้นสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มีจำนวนเพียง 2 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 14.28 ของตัวอย่างทั้งหมด และพบว่าค่าปริมาณน้ำอิสระ (A_w)ของตัวอย่างกะปิอยู่ในช่วง 0.70-0.74 ซึ่งต่ำกว่าค่า A_w ของอาหารทั่วไป เนื่องจากกะปิมีเกลือเป็นส่วนผสมอยู่ค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงเห็นได้ว่ากะปิคุณภาพดีของตำบลคลองโคนส่วนใหญ่ (ร้อยละ85) มีความชื้นต่ำและมีค่าปริมาณเกลือสูงตามเกณฑ์มาตรฐานแต่ไม่เค็มจัด ซึ่งสามารถช่วยป้องกันการเน่าเสียของกะปิและช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคได้ นอกจากนี้กะปิคลองโคนยังมีค่าความสามารถต้านอนุมูลอิสระวัดโดยวิธี DPPH อยู่ในช่วง 4.12-14.5 Trolox equivalents (TE)/g protein ดังตารางที่ 2.4 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผล การทดสอบกะปิที่จำหน่ายในจังหวัดภาคใต้ (Faithong et al., 2010; Pongsetkul et al., 2015)

2.3 น้ำพริกกะปิ

น้ำพริกกะปิ เป็นเครื่องจิ้มประเภทหนึ่งที่นิยมรับประทานในประเทศไทย โดยมีกะปิเป็นส่วนประกอบหลักซึ่งต้องเป็นกะปิคุณภาพดี นั่นคือมีเนื้อเนียนละเอียด แห้ง มีกลิ่นหอม และมีส่วนผสมของพริกขี้หนู กระเทียม มะนาว น้ำตาล น้ำปลา เป็นส่วนประกอบ รสพื้นฐานของน้ำพริกะปิคือเผ็ดนำ รสเปรี้ยว รสหวาน และรสเค็มตาม นิยมรับประทานกับผักสดหรือเครื่องเคียงอื่นๆ ควบคู่กับปลาทอด (คึกฤทธ์ ปราโมช, 2535) นอกจากนี้น้ำพริกกะปิในแต่ละพื้นที่อาจมีเครื่องปรุงที่หลากหลาย แตกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่น เช่น บางท้องถิ่นมีการใส่กุ้งแห้งป่นและ/หรือมะเขือเปราะและผักชนิดอื่นๆ ลงไปด้วย คนไทยนิยมกินข้าวกับน้ำพริกกะปิผักจิ้ม จึงได้ทั้งรสชาติอร่อยและคุณค่าโภชนาการที่หลากหลายและครบถ้วน (สมศรี เจริญเกียรติกุล, โครงการเผยแพร่และอนุรักษ์อาหารไทยผ่านเว็บไซต์สถาบันโภชนาการhttp://www.inmu.mahidol.ac.th/gallery/inmucooking/Central_Region_food/น้ำพริกกะปิปลาทูทอด.html)

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของกะปิคลองโคน

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	pH	เกลือ (%)	พลังงาน (Kcal/100กรัม)
กะปิ1	38.47±0.25$^{*, ş\ \#}$	23.78±0.38^{d} (38.65±74)	23.22±0.25^{b} (37.74±0.48)	1.21±0.32^{b} (1.97±0.58)	13.32±0.42^{d} (21.65±0.36)	7.62±0.01^{b}	21.79±0. 40^{b}	157.05^{b}
กะปิ2	39.37±0.41^{f}	22.53±0.29^{e} (37.16±0.47)	25.14±0.84^{a} (44.45±1.38)	1.99±0.41^{a} (3.28±0.68)	10.97±0.16^{f} (18.09±0.29)	7.57±0.02^{c}	22.96±0.42^{a}	162.35^{a}
กะปิ3	44.23±0.26^{c}	20.95±0.45^{f} (37.56±0.79)	21.67±0.15^{d} (38.86±0.29)	1.05±0.12^{b} (1.88±0.36)	12.1±0.21^{e} (21.70±0.35)	7.31±0.01^{f}	21.21±0.38^{b}	144.53^{c}
กะปิ4	44.74±0.34^{b}	23.29±0.31^{d} (42.15±0.60)	21.22±0.15^{d} (38.40±0.18)	1.24±0.06^{b} (2.24±0.14)	9.5±0.36^{ş} (17.21±0.36)	7.42±0.02^{d}	21.79±0.26^{b}	134.08^{d}
กะปิ5	46.68±0.30^{a}	22.18±0.15^{e} (41.60±0.34)	21.5±0.34^{d} (40.34±0.52)	1.06±0.08^{b} (1.99±0.19)	8.57±0.48^{h} (16.07±0.86)	7.31±0.03^{e}	22.38±0.85^{a}	129.86^{e}
กะปิ6	37.62±0.15^{h}	22.33±0.28^{e} (35.80±0.67)	21.08±0.08^{d} (33.79±0.16)	1.01±0.04^{b} (1.62±0.12)	17.96±0.16^{a} (28.79±0.34)	7.28±0.02^{e}	21.79±0.40^{b}	165.25^{a}
กะปิ7	38.62±0.15^{ş}	23.57±0.33^{d} (38.40±0.58)	20.24±0.15^{e} (32.97±0.29)	0.98±0.05^{b} (1.60±0.12)	16.59±0.23^{b} (27.03±0.55)	7.45±0.01^{d}	21.21±0.22^{a}	156.14^{b}

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของกะปิคลองโคน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	pH	เกลือ (%)	พลังงาน (Kcal/100กรัม)
กะปิ8	37.95±0.32^{h}	24.50±0.15^{c} (39.48±0.34)	23.23±0.25^{b} (37.44±0.41)	1.29±0.24^{b} (2.08±0.39)	13.03±0.40^{d} (21.00±0.38)	7.22±0.01^{f}	21.75±0.48^{b}	156.65^{b}
กะปิ9	43.05±0.27^{d}	25.21±0.27^{b} (44.2±0.50)	23.18±0.09^{b} (40.70±0.21)	1.34±0.12^{b} (2.35±0.27)	7.22±0.30^{i} (12.68±0.56)	7.14±0.01^{g}	22.11±0.54^{a}	133.66^{d}
กะปิ10	42.28±0.28^{e}	25.86±0.32^{b} (44.80±0.54)	25.13±0.34^{a} (43.54±0.61)	2.05±0.06^{a} (3.55±0.11)	4.68±0.34^{j} (8.11±0.77)	7.20±0.01^{f}	22.58±0.62^{a}	137.69^{d}
กะปิ11	44.81±0.34^{b}	25.52±0.11^{b} (46.24±0.25)	18.95±0.18^{f} (34.34±0.19	0.69±0.04^{c} (1.25±0.09)	10.03±0.28^{g} (18.17±0.44)	7.71±0.01^{a}	21.53±0.37^{b}	122.13^{e}
กะปิ12	44.05±0.52^{c}	30.86±0.16^{a} (51.58±0.38)	21.74±0.84^{d} (38.86±1.05)	1.08±0.13^{b} (1.93±0.27)	4.27±0.36^{j} (7.63±1.63)	7.24±0.01^{f}	22.45±0.24^{a}	113.76^{f}
กะปิ13	37.36±0.12^{h}	25.08±0.22^{b} (40.04±0.72	22.36±0.21^{c} (35.70±0.26)	1.17±0.11^{b} (1.87±0.33)	14.03±0.16^{c} (22.40±0.26)	7.45±0.02^{d}	21.56±0.26^{b}	156.09^{b}
กะปิ14	46.85±0.30^{a}	22.56±0.34^{e} (42.45±0.82)	21.83±0.45^{d} (41.07±0.75	1.04±0.08^{b} (1.96±0.18)	7.72±0.10^{i} (14.52 ±0.44)	7.01±0.01^{h}	19.78±0.48^{c}	157.05 ^{b}

ค่าในวงเล็บแสดงปริมาณโดยคำนวณจากน้ำหนักแห้ง

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ที่มา : นฤมล ประภาสุวรรณกุล และโกวิท สุวรรณหงส์ (2556)

ตารางที่ 2.3 คุณลักษณะทางเคมีของกะปิคลองโคนเปรียบเทียบกับมาตรฐานมอก. 1080-2535

ตัวอย่าง	ไนโตรเจนทั้งหมด (กรัม/กิโลกรัม)*	ปริมาณเกลือ(%)*	ความเป็นกรดด่าง	ความชื้น(%)	Aw
กะปิ1	60.38±0.25**^{f}	35.41±0.75^{e}	7.62±0.01^{b}	38.47±0.25^{g}	0.71±0.008^{d}
กะปิ2	66.34±0.84^{b}	37.87±0.64^{d}	7.57±0.02^{c}	39.37±0.41^{f}	0.70±0.008^{e}
กะปิ3	62.17±0.15^{d}	34.98±0.77^{e}	7.31±0.01^{f}	44.23±0.26^{c}	0.72±0.004^{c}
กะปิ4	61.44±0.15^{e}	39.43±0.57^{c}	7.42±0.02^{d}	44.74±0.34^{b}	0.72±0.006^{c}
กะปิ5	64.55±0.34^{c}	41.97±1.25^{a}	7.31±0.03^{e}	46.68±0.30^{a}	0.73±0.004^{b}
กะปิ6	54.07±0.08^{h}	34.93±0.52^{f}	7.28±0.02^{e}	37.62±0.15^{h}	0.71±0.009^{d}
กะปิ7	52.76±0.15^{i}	34.55±0.94^{f}	7.45±0.01^{d}	38.62±0.15^{g}	0.71±0.006^{d}
กะปิ8	59.90±0.25^{f}	35.05±0.88^{e}	7.22±0.01^{f}	37.95±0.32^{h}	0.71±0.003^{d}
กะปิ9	65.12±0.09^{b}	38.82±1.05^{c}	7.14±0.01^{g}	43.05±0.27^{d}	0.72±0.006^{c}
กะปิ10	69.66±0.34^{a}	39.12±0.76^{c}	7.20±0.01^{f}	42.28±0.28^{e}	0.72±0.005^{c}
กะปิ11	54.94±0.18^{h}	39.01±0.84^{c}	7.71±0.01^{a}	44.81±0.34^{b}	0.73±0.008^{b}
กะปิ12	62.17±0.84^{d}	40.67±0.46^{b}	7.24±0.01^{f}	44.05±0.52^{c}	0.72±0.004^{c}
กะปิ13	58.15±0.21^{g}	34.42±0.63^{f}	7.45±0.02^{d}	37.36±0.12^{h}	0.71±0.003^{d}
กะปิ14	65.72±0.45^{b}	37.22±0.85^{d}	7.01±0.01^{h}	46.85±0.30^{a}	0.74±0.002^{a}
มาตรฐาน***	ไม่น้อยกว่า58 กรัม/กิโลกรัม	ไม่น้อยกว่าร้อยละ36	6.5-7.8	ไม่เกินร้อยละ 45	-

* คำนวณจากน้ำหนักแห้ง

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

***มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหรรม 1080-2535

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ที่มา : นฤมล ประภาสุวรรณกุล และโกวิท สุวรรณหงส์ (2556)

ตารางที่ 2.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกะปิคลองโคนโดยวิธี DPPH

ตัวอย่าง	ชนิด	Trolox equivalents (TE)/gprotein
กะปิ1	เคย	5.75±0.39[*, f #]
กะปิ2	กุ้ง	5.93±0.51[f]
กะปิ3	เคย	11.70±0.46[bc]
กะปิ4	กุ้ง	10.50±0.28[d]
กะปิ5	ไม่ระบุ	14.31±0.45[a]
กะปิ6	ไม่ระบุ	4.24±0.29[g]
กะปิ7	ไม่ระบุ	5.86±0.32 [f]
กะปิ8	เคย	4.34±0.36[g]
กะปิ9	เคย	11.03±0.57[c]
กะปิ10	ไม่ระบุ	10.12±0.52[d]
กะปิ11	ไม่ระบุ	12.1±0.44[b]
กะปิ12	เคย	9.6±0.38[e]
กะปิ13	กุ้ง	4.12±0.29[g]
กะปิ14	ไม่ระบุ	14.5±0.54[a]

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ที่มา : นฤมล ประภาสุวรรณกุล และโกวิท สุวรรณหงส์ (2556)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Peralta, et al.(2008) ศึกษาการยืดเวลาการหมักกะปิ เป็น เวลา 90, 180 และ 360 วัน พบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและคุณค่าทางอาหารของกะปิเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการหมักนานขึ้น โดยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH, hydrogen peroxide และ lipid peroxidation ที่เพิ่มขึ้นนั้นมีความสัมพันธ์กับสารที่เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด นอกจากนี้ยังพบว่า สารpolyunsaturated fatty acids เช่น

eicosapentaenoic acid (EPA) และdocosahexaenomic acid (DHA) ในกะปีไม่ถูกทำลายภายในเวลา 360 วัน ในขณะที่ ปริมาณกรดอะมิโนอิสระเพิ่มขึ้นภายใน 90 วันของการหมัก ระยะเวลาหมักที่มากเกินไปมีผลทำให้ปริมาณกรดอะมิโนอิสระลดลงและปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการยืดเวลาการหมักให้เหมาะสมสามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหารและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในกะปีได้

Faithong and Benjakul (2012) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของกะปีในระหว่างกระบวนการหมักเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะระหว่าง 8 เดือนแรก และลดลงในเวลาต่อมา ยกเว้น FRAP ซึ่งมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ฟอร์มัลดีไฮน์ไนโตรเจน และแอมโมเนียไนโตรเจน เพิ่มขึ้นในระหว่าง 8 เดือนแรก ซึ่งแสดงถึงการเกิดเปปไทด์และกรดอะมิโนอิสระจากกระบวนการย่อยโปรตีนของเชื้อจุลินทรีย์และเอนไซม์โปรตีเอส ความเข้มของสีน้ำตาลซึ่งเกิดขึ้นจากสารที่ได้จากกระบวนการเมลลาร์ด (MRPs)มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมักและยืนยันได้จากค่าความสว่าง (L*) ที่ลดลงและ การเพิ่มของสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) ปริมาณของกรดไทโอบาบิทูริกมีค่าต่ำตลอดระยะเวลาของการหมัก ผลการศึกษาชี้ว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกะปีถูกควบคุมด้วยเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กรดอะมิโน และ สารจากกระบวนการเมลลาร์ด ในระหว่างการหมัก

นฤมล ประภาสุวรรณกุล โกวิท สุวรรณหงส์ และทิวา ศักดิ์ศรี (2557) ศึกษาผลของระยะเวลาในการหมักที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของกะปีคลองโคน ตลอดระยะเวลา 12 เดือน ผลการศึกษาพบว่า ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน และแอมโมเนียไนโตรเจนซึ่งแสดงระดับการย่อยสลายโปรตีน เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา 9 เดือนแรก ($p< 0.05$) และค่อนข้างคงที่หลังจากนั้น ในขณะที่ปริมาณอะมิโนไนโตรเจนเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาหมักใน 5 เดือนแรกและลดลงเล็กน้อยจนถึงเดือนที่12 ($P<0.05$) คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ของกะปีเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก 9 เดือนแรกและลดลงหลังจากนั้น สารสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งวัดโดยค่า browning intensity ก็เพิ่มขึ้นตลอด 9 เดือนแรกเช่นกัน และสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสีของกะปีที่มีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง แต่ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของกะปีมีความสัมพันธ์สูงกับปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน อะมิโนไนโตรเจน และ browning intensity ดังนั้นการใช้เวลาหมักที่นานขึ้นสามารถเพิ่มคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและกรดอะมิโนอิสระที่เป็นประโยชน์ได้ อย่างไรก็ตามการใช้เวลาหมักที่มากเกินกว่า 5 เดือนทำให้ปริมาณกรดอะมิโนอิสระลดลงและปริมาณแอมโมเนียสูงเกินกว่าเกณฑ์คุณภาพที่ยอมรับ

นฤมล ประภาสุวรรณกุล และ สกุลตรา ค้ำชู (2558) ศึกษาผลของสภาวะการเก็บรักษาได้แก่ อุณหภูมิ และสภาพไร้อากาศในบรรจุภัณฑ์ ที่มีต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์กะปิคลองโคน ตลอดระยะเวลา 6 เดือน โดยนำตัวอย่างกะปิคุณภาพดีที่ผลิตได้จากผู้ผลิตตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ที่มีอายุการหมัก 1 เดือน บรรจุในกล่องพลาสติกชนิดโพลีโพรไพลีนมีฝาปิดสนิทขนาด 250 กรัมทั้งชนิดที่มีและไม่มีพาราฟินปิดทับ นำตัวอย่างทั้ง 2 ชนิด มาเก็บไว้ในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่า การเก็บรักษากะปิที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน ปริมาณอะมิโนไนโตรเจน ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน และความสามารถต้านอนุมูลอิสระวัดโดยวิธี DPPH และ FRAP ของกะปิ เพิ่มสูงขึ้น ค่าความเข้มของสีน้ำตาล (A_{420nm}) มีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ ค่าความสว่าง(l*) ที่ลดลง ค่าสีแดง(a*) และค่าสีเหลือง (b*) ที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้กะปิมีสีแดงคล้ำมากขึ้น กะปิที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีพาราฟินปิดทับ (ไม่มีอากาศ) พบการเพิ่มขึ้นค่าความเข้มของสารสีน้ำตาล ค่าความสามารถต้านอนุมูลอิสระ และความคล้ำของสีน้อยกว่ากะปิที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ไม่มีพาราฟินปิดทับ (มีอากาศต่ำ) โดยเฉพาะในช่วงระยะเวลา 3 เดือนแรกของการเก็บ ส่วนการเก็บรักษากะปิที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพและการเพิ่มขึ้นของความสามารถต้านอนุมูลอิสระน้อยมาก แต่พบการลดลงของปริมาณอะมิโนไนโตรเจน ไม่พบความแตกต่างกันของของสมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในกะปิที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีและไม่มีพาราฟินปิดทับ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการเก็บรักษากะปิที่อุณหภูมิห้องสามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารของกะปิจากกรดอะมิโนและความสามารถต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันก็อาจส่งผลในทางลบต่อการยอมรับของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่นและรส

Cai et al. (2015) ศึกษาผลของการใช้สารโพลีฟีนอลจากชาร่วมกับ 6-gingerol ที่มีต่อการเกิดเอมีนและคุณภาพของกะปิที่เก็บไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 160 วัน พบว่ากะปิควบคุมมีค่า ความสว่าง(L*) ค่าสีแดง(a*) และค่าสีเหลือง (b*) ลดลง ค่าtotal volatile base nitrogen (TVB-N) ซึ่งประกอบด้วย แอมโมเนียและเอมีน ที่แสดงระดับการย่อยสลายสารประกอบไนโตรเจน และค่า thiobarbituric acid (TBA value) ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากการออกซิเดชั่นของไขมันเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดอะมิโนอิสระลดลง ปริมาณฮิสตามีนเพิ่มขึ้น จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น และคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส ความชุ่มของตัวอย่างลดลง เมื่อเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น การใช้สาร2 ชนิดนี้ร่วมกันสามารถรักษาลักษณะปรากฏของกะปิ ยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นของโปรตีนและไขมัน และลดจำนวนจุลินทรีย์ของกะปิในระหว่างการเก็บรักษา ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของกะปิที่มีเกลือต่ำ (≤18%) ได้