บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เนื่องจากมีการวิจัยพบว่าการบริโภคไขมันอิ่มตัว ทำให้คลอเรสเตอรอลชนิดlow-density lipoprotein (LDL) ซึ่งไม่ดีต่อสุขภาพเพิ่มขึ้น (Grundy *et al.,* 1982) เนื่องจากกะทิเป็นส่วนที่ผลิตจากมะพร้าวซึ่งเป็นอาหารที่มีน้ำมันมาก น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูงถึง 90% (Salunkhe *et al.,* 1992) เนื่องจากอาหารไทยหลายชนิดใช้กะทิเป็นส่วนประกอบ โดยเฉพาะอาหารยอดนิยมอย่างแกงเขียวหวาน แกงเผ็ด มัสมั่น พะแนง ต้มข่าไก่ เป็นต้น ผู้บริโภคจึงไม่มั่นใจในคุณค่าทางสุขภาพของอาหารไทย แม้จะมีการวิจัยว่าอาหารไทยเป็นอาหารสุขภาพีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ และต้านการก่อกลายพันธุ์ (Tangkanakul *et al.,* 2009; Tangkanakul *et al.,* 2011) แต่ในประเด็นสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับกะทินั้นยังมีข้อมูลอยู่น้อย

ในปัจจุบันมีการศึกษาอย่างกว้างขวางในประเทศที่ประชากรบริโภคมะพร้าวมาก เช่น ใน Polynesia และศรีลังกา พบว่าน้ำมันมะพร้าวไม่ได้เป็นสาเหตุการตายของโรคหลอดเลือดหัวใจหรือทำให้หลอดเลือดหัวใจผิดปกติ (Kaunitz and Dayrit, 1992; Prior *et al,* 1981; Kumar, 1997) เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวแต่มีขนาดสายโซ่ปานกลางสูงคือกรดลอริกประมาณ 40-50% (Salunkhe *et al.,* 1992) เมื่อคนเรารับประทานกะทิ กรดลอริกจะถูกดูดซึมเข้าไปในเส้นเลือดที่ผ่านไปยังตับโดยตรง และจะสลายเป็นพลังงานไม่สะสมในร่างกาย จึงไม่มีผลต่อการเพิ่มระดับคลอเลสเตอรอล ในขณะที่ไขมันสายโซ่ยาวจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดไขมันและโมโนกลีเซอไรด์และถูกดูดซึมเข้าไปที่ผนังลำไส้เล็ก ต่อมาจะมีโมเลกุลของโปรตีนเข้ามาล้อมรอบโมเลกุลไขมัน เกิดเป็นลิโปโปรตีน (Lipoprotein) ซึ่งจะเป็นสารตั้งต้นของ VLDL และเกิดเป็น LDL (Mary, 2000)

เนื่องจากกรดไขมันสายโซ่ปานกลางในกะทิไม่ได้ทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพดังกล่าว การสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภคได้นั้น ควรจะมีการศึกษาเพื่อแสดงให้เห็นว่าในการนำกะทิมาประกอบอาหารโดยให้ความร้อนแบบเปียกที่อุณหภูมิหุงต้มในครัวเรือน หรือกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องอาศัยความร้อนสูงภายใต้ความดัน และความเป็นกรดของอาหารอันเนื่องจากการปรุงแต่งด้วยเครื่องปรุงรส มะนาว น้ำส้มสายชู หรือสารอื่นๆ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบไขมันในกะทิหรือไม่ ที่ผ่านมามีงานวิจัยเกี่ยวกับวิธีป้องกันการแยกชั้นของไขมันในกะทิ เมื่อได้รับความร้อน (สุคนธ์ชื่น, 2531; Seow and Gwee, 1997) การเกิดตะกรัน (fouling) (Narataruksa *et al.,* 2010) พฤติกรรมการไหล (Simuang *et al.,* 2004) แต่ยังไม่พบการศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบไขมันในกะทิเมื่อได้รับความร้อนแบบเปียกทั้งจากกะทิสดและกะทิแปรรูป จึงควรศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลสนับสนุนการบริโภคอาหารไทยที่มีกะทิเป็นส่วนประกอบ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาองค์ประกอบกรดไขมันในผลิตภัณฑ์กะทิชนิดต่างๆ
2. ศึกษาปัจจัยของ pH ความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกรดไขมันในกะทิสดและกะทิแปรรูป

ขอบเขตของการวิจัย

วิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในผลิตภัณฑ์กะทิชนิดต่างๆ 5 ชนิด ได้แก่ กะทิสด กะทิคืนรูปจากกะทิผง กะทิกล่อง UHT กะทิกระป๋องเสตอริไรซ์ และกะทิบรรจุถุงพาสเจอไรส์ ศึกษาปัจจัยของ pH การให้ความร้อน โดยการนึ่งด้วยระยะเวลาต่างกัน ต่อองค์ประกอบกรดไขมันในกะทิสดและกะทิแปรรูป 2 ชนิด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- องค์ความรู้เกี่ยวกับผลของความเป็นกรด ความร้อนแบบเปียกและระยะเวลาการนึ่งต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบกรดไขมันในกะทิ สำหรับกลุ่มเป้าหมาย นักวิจัย นักศึกษา และประชาชน เพื่อใช้ในการวิจัย การศึกษาและประยุกต์ประโยชน์ด้านสุขภาพต่อไป
- เผยแพร่ประชาสัมพันธ์ผลการวิจัย ให้แก่ผู้ประกอบการร้านอาหารทั้งในและต่างประเทศ หน่วยงานการท่องเที่ยว เพื่อสนับสนุนการบริโภคอาหารไทยที่มีกะทิเป็นองค์ประกอบ

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ไขมัน (lipids) เป็นสารที่ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น monoglycerides, diglycerides, triglycerides, phosphatides, cerebrosides, sterols, terpenes, fatty alcohols และกรดไขมัน กรดไขมันประกอบด้วยธาตุ carbon (C), hydrogen (H) และ oxygen (O) กรดไขมันที่ไม่มีพันธะคู่เรียกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids) กรดไขมันที่มี 1 พันธะคู่เรียกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว เชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acids) และกรดไขมันที่มีมากกว่า 1 พันธะคู่ เรียกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acids) (Zamora, 2005)

น้ำกะทิเป็นของเหลวที่ได้จากการบีบคั้นเนื้อมะพร้าวขูด มีลักษณะเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (Simuang *et al.,* 2004) นิยมใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญอย่างหนึ่งในการปรุงอาหารทั้งอาหารคาวและอาหารหวานของคนไทยและคนในแถบเอเชียอีกหลายประเทศ น้ำกะทิสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น น้ำกะทิบรรจุกระป๋อง น้ำกะทิเข้มข้น กะทิผง เนยกะทิ และน้ำมันมะพร้าว องค์ประกอบทางเคมีของน้ำกะทิมีความผันแปรเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่นสายพันธุ์มะพร้าว สภาพทางภูมิศาสตร์ในการเพาะปลูก สภาวะการดูแลรักษา ความแก่อ่อนของมะพร้าว วิธีการที่ใช้ในการสกัดน้ำกะทิ และระดับความเจือจางเนื่องจากการเติมน้ำหรือน้ำมะพร้าว (Cancel, 1979)

ประโยชน์เชิงโภชนาการและสุขภาพของน้ำมันมะพร้าวได้รับการยอมรับ มานานหลายศตวรรษ โดยเฉพาะบทบาทโดดเด่น ในด้านเป็นอาหารฟังก์ชันนอล (Fife, 2003) ป้องกันโรคหัวใจ มะเร็ง เบาหวาน โรคข้ออักเสบ เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน ช่วยย่อยอาหาร ป้องกันการเกิดริ้วรอยก่อนวัยอันควร ช่วยในการตกแต่งผิวและผม (Fife, 2004) น้ำมันมะพร้าว ประกอบด้วยไขมันสายโซ่ปานกลางสูง ช่วยควบคุมน้ำหนัก เพราะทำให้อิ่มเร็ว เพิ่มการเผาผลาญพลังงาน เมื่อเทียบกับไขมันสายโซ่ยาว (Tsuji *et al.,* 2001; Papamandjaris *et al.,* 1998; St-Onge and Jones, 2002) น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (virgin coconut oil) ป้องกันมิให้ตับถูกทำลาย (Zakaria *et al.,* 2011)

Cox *et al.* (1995) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบการรับประทานน้ำมันมะพร้าว และเนย ในคนที่มีระดับคลอเรสเตอรอลสูง จำนวน 28 คน พบว่าน้ำมันมะพร้าวเพิ่มคลอเรสเตอรอลทั้งหมด และ LDL น้อยกว่าเนย ส่วน HDL มีค่าไม่ต่างกัน และมีรายงานการศึกษาใช้หนูเพศผู้ พันธุ์ Sprague-Dawley 40 ตัวกินอาหาร 4 สูตร ประกอบด้วย 1) น้ำมันรำข้าว 100% 2) น้ำมันรำข้าว 100% และ น้ำมันมะพร้าว 50% 3) น้ำมันมะพร้าว 100% และ 4) น้ำมันมะพร้าว 50% พบว่าน้ำมันมะพร้าวทำให้ไตรกลีเซอไรด์เพิ่มน้อยกว่าน้ำมันรำข้าว แต่ HDL เพิ่มน้อยกว่าน้ำมันรำข้าว (วันเพ็ญ และคณะ 2552)

ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิในท้องตลาดแบ่งออกเป็น 5 ชนิด ได้แก่น้ำกะทิสด น้ำกะทิพาสเจอไรซ์ น้ำกะทิบรรจุกระป๋อง น้ำกะทิบรรจุกล่องยูเอชที และกะทิผง มีความแตกต่างกันดังนี้ 1.) น้ำกะทิสด ได้จากการคั้นน้ำกะทิจากเนื้อมะพร้าวด้วยเครื่องแล้วเก็บรักษาด้วยความเย็นทันที ความเย็นสามารถป้องกันการเน่าเสียทำให้เก็บได้ประมาณ 1-2 วัน 2.) น้ำกะทิพาสเจอไรซ์ เป็นน้ำกะทิสดที่นำมาให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค แต่เชื้อที่เหลือยังสามารถเจริญได้จึงต้องเก็บในห้องเย็น เก็บได้นาน 4-6 วัน 3.) น้ำกะทิบรรจุกระป๋อง ผ่านกระบวนการบรรจุกระป๋อง ปิดฝา แล้วฆ่าเชื้อด้วยอุณหภูมิสูงระดับสเตอริไรซ์ เก็บได้นานโดยไม่ต้องเก็บในที่เย็น 4.) น้ำกะทิกล่องชนิดยูเอชที ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยระบบความร้อนสูง ในระยะเวลาสั้น คืออุณหภูมิ 140-145 ^{o}ซ เวลา 10-15 วินาที การใช้ระยะเวลาให้ความร้อนสั้นจึงทำให้คงสภาพคล้ายน้ำกะทิ

สดมาก แต่อายุการเก็บรักษาจะสั้นกว่าแบบบรรจุกระป๋อง และกล่องกระดาษไม่แข็งแรงเท่ากระป๋อง จึงอาจมีการเน่าเสียเกิดขึ้นจากกล่องกระดาษชำรุดได้ 5.) กะทิผง เป็นน้ำกะทิที่นำมาทำให้แห้งเป็นผงละเอียด โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spry dryer) น้ำกะทิมีน้ำมันเป็นส่วนประกอบปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนมโค จึงไม่สามารถทำให้แห้งได้เหมือนนมผง ดังนั้นต้องเติมสารเพิ่มปริมาณของแข็งคือ สารมอลโทเดกซ์ตริน (maltodextrin) ได้กะทิผงที่มีอนุภาคขนาดเล็ก มีความชื้นต่ำจึงเก็บรักษาได้นาน แต่ต้องเก็บในภาชนะป้องกันความชื้น เช่นในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ หรือกระป๋องที่มีฝาปิดสนิท เนื่องจากกะทิผงดูดความชื้นได้ดีทำให้เกาะตัวเป็นก้อน (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3066/ coconut-milk-น้ำกะทิ, วันที่เข้าถึง 28 กุมภาพันธ์ 2557)

ค่าของกรด (acid value)

หมายถึงจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาเป็นกลาง (neutralize) พอดีกับกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมันหรือไขมัน 1 กรัม กรดไขมันอิสระนี้มาจากการสลายตัวของไตรกลีเซอไรด์ ทางเคมีหรือจากการกระทำโดยความร้อน แสง ค่าของกรดนี้เป็นเครื่องชี้วัดว่าน้ำมันมีคุณภาพดีหรือไม่ ซึ่งน้ำมันที่มีคุณภาพดีหรือยังไม่ได้มีการใช้งานจะมีค่าของกรดต่ำกว่า ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมัน การใช้งานและการเก็บรักษา ในการทดสอบคุณภาพของน้ำมัน จะต้องวัดเมื่อน้ำมันอยู่ที่อุณภูมิปกติ ห้ามวัดในขณะที่น้ำมันมีอุณหภูมิสูง (ทวีศักดิ์ http://www.cbfood-tech.com/Articles/8.doc, วันที่เข้าถึง 11 ธันวาคม 2553)

การเกิดสีน้ำตาล

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ หรือปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugar) กับกรดแอมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยา ผลิตผลที่ได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นสารประกอบหลายชนิด ที่ให้สีน้ำตาลและกลิ่นรสต่างๆ ทั้งที่พึงประสงค์ และไม่พึงประสงค์ เช่น สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นระหว่างการอบ การทอดเ ช่น เนื้อสัตว์ เบเกอรี ปฏิกิริยานี้ยังมีความสำคัญต่อการเกิดสีและกลิ่นหอม

น้ำตาลรีดิวซิงที่พบทั่วไปในอาหารคือ ฟรักโทส (fructose) และกลูโคส (glucose) จะรวมตัวกับหมู่แอมิโน (RNH_2) ของ กรดแอมิโน เช่น ไลซีน ได้เป็นไกลโคซิลเอมีน จากนั้นเกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชันได้เป็นอิมีน (imines หรือ Schiff 's base) และมีการเรียงตัวใหม่ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Amadori rearrangement ได้เป็นแอลโดสเอมีน (aldoseamine) หรือ คีโทสเอมีน (ketoseamine) เรียกว่า Amadori compound เช่น 1-อะมิโน-1-ดีออกซี-คีโทส หลังจากการเกิดปฏิกิริยา enolization และดีไฮเดรชัน ของ Amadori compound ได้สารอนุพันธุ์ฟูแรน ซึ่งสารโพลีเมอร์ของสารอนุพันธุ์ฟูแรนให้สีน้ำตาลและไม่ละลายในน้ำ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0397/maillard-reaction, วันที่เข้าถึง 17 เม.ย. 2557)

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์อีกชนิดคือ ปฏิกิริยาคาราเมล (caramelization) เกิดจากการสลายตัวของโมเลกุลน้ำตาลด้วยความร้อนสูง และมีการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization) ของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสารที่มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว เรียกว่าคาราเมล (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0223/caramelization-ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล, วันที่เข้าถึง 22 เม.ย. 2557) ปฏิกิริยาคาราเมลไวต่อสารเคมี สามารถควบคุมได้ที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง อัตราของปฏิกิริยาต่ำมากที่ ค่า pH เป็นกลาง (pH 7) แต่อัตราของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นทั้งสภาวะเป็นกรดสูง (pH < 3) และด่างสูง (pH >9) (Villamiel *et al.,* 2006)

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์ สารเคมี และวัตถุดิบ

อุปกรณ์

1) เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิก 2 ตำแหน่ง (satorius)
2) เครื่องวัดสี (spectraflash 600 plus, data color International)
3) ห้องแช่แข็ง - 20 °ซ
4) เครื่องปั่น superlux
5) เครื่อง pH Meter
6) เครื่อง refractometer (Atago) เพื่อวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)
7) เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Varian CP-3800)
8) เครื่องระเหยสารควบคุมอุณหภูมิและความดัน (rotary vaporator) ยี่ห้อ Buchi รุ่น rota vapor R-200
9) เครื่องเหวี่ยงเพื่อตกตะกอน
10) กระดาษกรอง และเครื่องแก้วต่างๆ

สารเคมี

1. Supelco 37 Component FAME Mix ยี่ห้อ Supelco
2. Tricosanoic acid methyl ester ($C_{23:0}$) Purity $\geq$ 99.8 % ยี่ห้อ Fluka
3. Chloroform ($CHCl_3$) AR grade 99.0 –99.4 % ยี่ห้อ BDH
4. Acetone (C_3H_6O) AR grade ,purity 99.0 %
5. Methanol (CH_3OH) GR grade $\geq$ 99.9 % ยี่ห้อ Merck
6. N-Heptane (C_7H_{16}) AR grade ,purity 99.0 %
7. Potasium Hydroxide (KOH) AR grade purity 85 % ยี่ห้อ BDH
8. Dichlorometane (CH_2Cl) Purity $\geq$ 99.5 % ยี่ห้อ BDH
9. Boron trifluoride-methanol 14 % (BF_3) (Boron trifluoride methanol complex 20% Solution methanol) ยี่ห้อ BDH
10. Sodium chloride (NaCl) ยี่ห้อ BDH, Assay 99.5
11. Sodium sulfate anhydrous (Na_2SO_4) ยี่ห้อ BDH, Assay 99.5
12. Petrolium ether bp. 35-60 ^{0}ซ ยี่ห้อ Baker
13. Speed^{TM} Matrix (Hydroscopic Sample Dispersing Agent 750 g.) ยี่ห้อ Applied Sepaerations
14. Untreated Glass Wool ยี่ห้อ Alltech
15. ก๊าซไฮโดรเจน Purity 99.99 % และก๊าซฮีเลียม Purity 99.99 %
16. Air Zero,21%+/- 1% O_2, N_2 Blance และก๊าซไนโตรเจน Commercial grade
17. ethyl alcohol และ diethyl ether
18. Phenolpthalien

วัตถุดิบ

1. กะทิสด เตรียมโดยใช้มะพร้าวแก่จากจังหวัดประจวบคีรีขันธ์
2. กะทิสำเร็จรูป (UHT) 3 ยี่ห้อคือ เอโร่ อร่อยดี และ ชาวเกาะ (กะทิ 100 %)
3. กะทิผงยี่ห้อเยียร่า (น้ำกะทิ และกลูโคสไซรับ) และกะทิผงเอโร่ (น้ำกะทิ 85% และกลูโคสไซรับ 15%)
4. กะทิถุงพาสเจอไรซ์ ยี่ห้ออร่อยดี (กะทิ 99.99%) และกะทิถุงพาสเจอไรซ์ ชาวเกาะ (กะทิ 99.99%)
5. กะทิกระป๋องสเตอริไลซ์ ยี่ห้ออร่อยดี (กะทิ 100%) และ ยี่ห้อชาวเกาะ (กะทิ 99.98% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.02%)

3.2 วิธีการวิจัย

3.2.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบกรดไขมันในผลิตภัณฑ์กะทิชนิดต่างๆ

ตัวอย่างของกะทิที่นำมาศึกษามี 5 ชนิด คือกะทิสด กะทิคืนรูปจากกะทิผง กะทิกล่อง UHT กะทิกระป๋องเสตอริไรซ์ และกะทิบรรจุถุงพาสเจอไรส์ อย่างละ 2 ยี่ห้อ จากนั้นทดสอบสมบัติทางกายภาพและเคมีดังนี้:-

- ทำการวัดค่าสี โดยนำตัวอย่างประมาณ 25 มิลลิลิตร มาใส่ภาชนะสำหรับวัดแสงส่องผ่าน (transmittance) ซึ่งแสดงในระบบ CIELAB รายงานเป็นค่า L* a* และb* ซึ่ง L* คือ ความสว่าง (0= ดำ และ 100 = ขาว) ค่า a* (-a* = สีเขียว และ +a*= สีแดง) ค่า b* (-b*= สีน้ำเงิน และ +b*= สีเหลือง)
- วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter โดยนำตัวอย่างประมาณ 20 มิลลิลิตร มาใส่บีกเกอร์ แล้วนำมาวัดค่า pH โดยจุ่มอิเล็กโทรด ลงในตัวอย่าง แล้วอ่านค่า
- วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด (total soluble solid, TSS) ด้วย refractometer โดยนำกะทิมาหยดลงบนเครื่องวัด แล้วอ่านค่าจากจุดตัดสีน้ำเงินและขาว รายงานเป็นองศาบริกซ์ (°B)
- วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันและค่าของกรด

การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน

ใช้วิธี TMC-05 In house method based on compendium of methods for food Analysis, Thailand (2003)

การเตรียมสาร

1. เตรียม Mix standard fatty acid ความเข้มข้น 1,000 mg/ml
2. เตรียม Internol standard: นำ Tricosanoic acid methyl ester (C23:0) มาเตรียมให้มีความเข้มข้น 800 ppm ใน n-Heptane
3. เตรียมสารละลาย KOH 0.5 N ใน Methanol
4. เตรียมสารละลาย NaCl อิ่มตัว

การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

1. การสกัดน้ำมันหรือไขมัน

1.1 ชั่งตัวอย่าง 0.5 -10 g ใส่ในขวดรูปชมพู่ที่มีฝาปิด เติมHexane: Acetone (4: 1) ครั้งละ30 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 นาที

1.2 ดูดสารละลายใสชั้นบน กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1 ที่มี Sodium sulphate anhydrous อยู่ด้านบนใส่ในขวดก้นกลม ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

1.3 นำไประเหย Hexane: Acetone ให้แห้ง ด้วยเครื่องระเหยสารแบบควบคุมอุณหภูมิและความดัน ที่อุณหภูมิ 40^{0}ซ ชั่งน้ำหนักไขมัน คำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมัน

2. การเตรียมอนุพันธุ์ของกรดไขมัน

2.1 เติม 0.5 M KOH ใน MeOH ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าสารให้เข้ากัน จากนั้นเติม Internol standard 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันนำไปวางไว้ในอ่างน้ำอุณหภูมิ 100^{0}ซ เป็นเวลา 5 นาที และทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว

2.2 เติม 14 % BF_3 in methanol ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันนำไปวางไว้ใน อ่างน้ำอุณหภูมิ 100^{0}ซ เป็นเวลา 15 นาที และทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว

2.3 เติม Saturated ของ Sodium chloride ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่า สารละลายจะแยกชั้นตะกอน ได้ส่วนใสชั้นบน

2.4 นำสารละลายใสชั้นบนมาสกัดต่อด้วย Petrolium ether จนการสกัดครั้งสุดท้าย สารละลายที่ได้ใสเหมือน Petrolium ether

2.5 นำสารละลาย Petrolium ether ที่ได้จากการสกัดแต่ละครั้งมารวมกัน แล้วนำไประเหย Petrolium ether ออก ด้วยเครื่อง Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 ^{0}ซ จนแห้ง

2.6 Redissolvent residue ใน 1.0 – 3.0 มิลลิลิตร Chloroform กรองสารละลายที่ได้ผ่าน Disposable Syringe Filter Nylon 0.45 µm ใส่ในขวดบรรจุสารที่มี Insert บรรจุอยู่ แล้วนำไปวิเคราะห์โดยฉีดเข้าเครื่อง GC ที่มีสภาวะคือ

Column : HP-88 Length 100 m, ID 0.25 mm, Film 0.25 µm

Detector : FID Temperature 260 ^{0}C

Column Oven: Temp (^{0}ซ)	Rate(C/min)	Hold(min)	Total(min)
140	0.0	5.00	5.00
240	4.0	20.00	50.00

Split Ratio : 100 :1

Column Flow : 1.7 ml / min

Inject volume : 1 µl

Carrier gas : He

วิธีการคำนวณ

$$\text{percentage of fat} = \frac{(M_2 - M_1) \times 100}{W}$$

เมื่อ M_2 = weight of round bo
M_1 = weight of round bottle flask (g)
W = weight of sample (g)

1. Area percentage of fatty acid = $\frac{100 \times A_x}{A_t - A_{ts}}$

เมื่อ A_x = area counts of fatty acid X
A_t = total area counts for the chromatogram
A_{ts} = area counts of the internal standard

2. Fatty acid,g / 100g sample = $\frac{F_t \times F_c \times F_a}{100}$

เมื่อ F_t = total fat (g) in 100 g sample
F_c = corretion factor for the convertion of data for fatty acid analyzed as percent of total fatty acid to grams per 100 g edible portion of food =0.942
F_a = % area fatty acid

การวิเคราะห์ค่าของกรด (Acid value) โดยหาปริมาณกรดทั้งหมดเทียบกับจำนวนกรัมสมมูลย์ของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (AOCS. 1993)

การเตรียมสารมาตรฐาน

- สารมาตรฐานโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N โดยละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 5.611 กรัมในแอลกอฮอล์ และปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร
- สารมาตรฐานโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.01N โดยปิเปตสารมาตรฐานข้อ 1 ปริมาตร 100 มิลิลิตรเจือจางและปรับปริมาตรด้วยแอลกอฮอล์ให้เป็น 1 ลิตร

การสกัดน้ำมันหรือไขมัน สกัดเช่นเดียวกับการวิเคราะห์กรดไขมัน

การวิเคราะห์

- ชั่งไขมัน 5-10 กรัม. ใน erlenmeyer flask เติมตัวทำละลายผสมของ ethanol: diethyl ether (1: 1) ปริมาตร 25 มิลลิตร
- เติม 1% อินดิเคเตอร์ phenolpthalien 2-3 หยด
- ไตเตรทตัวอย่างด้วยสารมาตรฐานทีละหยด เขย่าอย่างต่อเนื่อง จนสีเปลี่ยนเป็นสีชมพู สีจะคงที่ ช่วงเวลาน้อยกว่า 50 วินาที บันทึกปริมาตรที่ใช้ และทำ blank แบบเดียวกันโดยไม่ใส่ตัวอย่าง
- คำนวนความเป็นกรดในตัวอย่างน้ำมันในรูปของกรัม/ กรัมตัวอย่าง โดยเทียบกับ gm-E KOH ที่ใช้ไตเตรท

$$\text{Acid Value (AV)} = \frac{\text{ml ethanol KOH soln.} * \text{N ethanol KOH soln.} * 56.11}{\text{g. Sample}}$$

3.2.2. ศึกษาระดับ pH และระยะเวลาในการให้ความร้อนโดยใช้การนึ่งที่อุณหภูมิ 100°ซ ต่อการเปลี่ยนองค์ประกอบกรดไขมันในกะทิสด กะทิ UHT และกะทิผง

เตรียมกะทิสดโดยนำเนื้อมะพร้าวมาขูดและคั้นน้ำกะทิด้วยเครื่องบีบไฮโดรลิก (hydraulic) โดยไม่เติมน้ำ ส่วนกะทิกล่องและผงซื้อจากร้านค้า สำหรับกะทิผงนำมาเตรียมเป็นน้ำกะทิตามสัดส่วนของฉลาก จัดการทดลองแบบแฟคตอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ทำ 2 บล็อก มี 2 ปัจจัย

ปัจจัยที่ 1 คือ pH 3 ระดับดังนี้:-

- กรดอ่อน คือเติมกรดซิตริก 10% ของน้ำหนักกะทิ
- ด่างอ่อน คือเติมโซเดียมคาร์บอเนต 10 % ของน้ำหนักกะทิ
- ไม่เติมกรดและด่าง

ปัจจัยที่ 2 การนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 100°ซ ด้วยระยะเวลา 20, 40 และ 60 นาที ซึ่งจะได้ 9 สิ่งทดลอง โดยนำน้ำกะทิมาแบ่งเป็น 3 ส่วนปรับความเป็นกรด ด่างแล้วนำมาแบ่งใส่ขวดแก้วปิดฝาสนิท นำมาวัดค่า pH ค่า TSS และค่าสี นำมานึ่ง ทิ้งให้เย็น หลังจากนั้นนำไปเก็บแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 °ซ จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน

3.2.3. ศึกษาความร้อนที่อุณหภูมิสูงภายใต้ความดันและระยะเวลาในการนึ่งต่อการเปลี่ยนองค์ประกอบกรดไขมันในกะทิสด

- นำกะทิสดมาใส่ขวดแก้วแล้วนึ่งด้วยหม้อนึ่งภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 116 และ 121°ซ โดยแต่ละอุณหภูมิใช้ระยะเวลา 15, 30 และ 45 นาที
- จัดการทดลองแบบแฟคตอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ทำ 2 บล็อก ทำทั้งหมด 2 ซ้ำ วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันและค่าของกรด

3.2.4. การประมวลผลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยโปรแกรม SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan New's Mutiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบ 2 สิ่งทดลอง ด้วย t-test จาก Excel ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

บทที่ 4

ผลวิจัยและอภิปรายผล

องค์ประกอบกรดไขมันในผลิตภัณฑ์กะทิชนิดต่างๆ

จากการนำกะทิชนิดต่างๆ มาสกัดไขมัน ได้แก่กะทิสด กะทิผง กะทิUHT กะทิกระป๋อง และกะทิพาสเจอไรซ์ พบว่ามีปริมาณน้ำมันใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่าง 19-20% หลังจากนั้นจึงนำน้ำมันมาศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมัน ผลการวิเคราะห์ในกะทิสด 100 กรัม พบว่ามีกรดไขมันสายโซ่ปานกลาง (ประกอบด้วยคาร์บอน 8-12 อะตอม) ปริมาณ 11.23 กรัม กรดไขมันสายโซ่ยาวชนิดอิ่มตัว (คาร์บอนมากกว่า 14 อะตอมขึ้นไป) ปริมาณ 6.19 กรัม และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว 1.38 กรัม (ตารางที่ 1) ในกะทิที่ทำการศึกษาประกอบด้วยกรดไขมัน 9 ชนิด ได้แก่กรดคาพรีลิก (Caprylic acid, $C_8H_{16}0_2$), C8:0) กรดคาพริก (Capric acid, $C_{10}H_{20}0_2$, C10:0) กรดลอริก (Lauric acid, $C_{12}H_{24}O_2$, C12:0) กรดไมริสติก (Myristic acid, $C_{14}H_{28}O_2$, C14:0) กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid, $C_{16}H_{32}0_2$, C16:0) กรดสเตียริก (Stearic acid, $C_{18}H_{36}O_2$, C18:0) กรดลิกโนซีริค (Lignoceric acid, $C_{24}H_{48}O_2$, C24) กรดโอลีอิก (Oleic acid, $C_{18}H_{34}O_2$, C18:1n9c) และกรดลิโนลีอิค (Linoleic acid, $C_{18}H_{32}0_2$, C18:2n6c) ซึ่งกะทิเกือบทุกชนิดประกอบด้วยกรดไขมัน 8 ชนิด ยกเว้นกะทิผงยี่ห้อเอโร่ที่มีกรดไขมัน 9 ชนิด คือมีกรดลิกโนซีริคเพิ่มขึ้นแต่มีเพียงเล็กน้อยคือ 0.01 กรัม/ 100 กรัม

เมื่อพิจารณาชนิดของกรดไขมันแต่ละชนิด โดยเริ่มจากกรดไขมันสายโซ่ปานกลางคือกรดคาพรีลิกพบว่ามีปริมาณเล็กน้อยอยู่ในช่วง 0.5-1.51 กรัม/ 100 กรัม สามารถพบได้ในน้ำนมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีปริมาณเล็กน้อยในน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม (Beare-Rogers *et al.,* 2001) มีลักษณะเป็นของเหลวละลายน้ำได้เล็กน้อย และให้กลิ่นรสหืนเล็กน้อย (Budavari, 1996) กรดไขมันสายโซ่ปานกลางชนิดที่สองคือกรดคาพริกมีปริมาณระหว่าง 0.78-1.41 กรัม/100 กรัม มีอยู่ในน้ำมันมะพร้าว 10% ในเมล็ดปาล์ม 4 % แต่ไม่พบในเมล็ดพืชทั่วไป (David *et al.,* 2006) ในกะทิที่ทำการศึกษามีปริมาณกรดลอริกอยู่ในช่วง 8.2-10.3 กรัม/ 100 กรัม สามารถพบได้ในน้ำมันปาล์ม น้ำนมคน (6.2% ของไขมันทั้งหมด) และนมแพะ (3.1%) (Beare-Rogers *et al.,* 2001) เมื่อเปรียบเทียบกับกรดไขมันด้วยกันแล้ว กรดลอริกเป็นกรดไขมันที่สำคัญมีปริมาณมากที่สุดในกะทิหรือน้ำมันมะพร้าว ทำให้น้ำมันมะพร้าวแตกต่างจากน้ำมันชนิดอื่นๆ มีประโยชน์ต่อสุขภาพโดยสามารถลดสัดส่วนของปริมาณคลอเรสเตอรอลทั้งหมดต่อ HDL (High Density Lipoprotein) (Mensink *et al.,* 2003) สัดส่วนของปริมาณคลอเรสเตอรอลทั้งหมดต่อ HDL หากมีค่าต่ำโอกาสที่จะทำให้เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจก็จะน้อยลงด้วย (Thijssen and Mensink, 2005)

สำหรับกรดไขมันสายโซ่ยาวชนิดอิ่มตัวคือกรดไมริสติกมีปริมาณอยู่ระหว่าง 3.0-3.84 กรัม/ 100 กรัม พบมากในไขมันนม น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม (Zock *et al,* 1994) กรดปาล์มมิติกมีปริมาณแตกต่างกันอย่างมากในกะทิ UHT ระหว่าง 1.27-5.22 กรัม/ 100 กรัม ในขณะที่กะทิชนิดอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง 1.3-1.79 กรัม/ 100 กรัม กรดปาล์มมิติกมีมากที่สุดในพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ (Gunstone, *et al,* 2007) ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่ากรดสเตียริก มีปริมาณอยู่ในช่วง 0.39-0.75 กรัม/ 100 กรัม เป็นกรดที่พบมากในสัตว์ (มากกว่า 30%) ในพืชพบน้อยกว่า 5% ส่วนกรดลิกโนซีริคพบว่ามีในกะทิผงเอโรเท่านั้น โดยทั่วๆไปก็จะพบว่ามีอยู่น้อยในธรรมชาติ เช่น ในน้ำมันถั่วเหลืองพบเพียง 1.1% – 2.2% (Beare-Rogers *et al.,* 2001)

กรดไขมันสายโซ่ยาวชนิดไม่อิ่มตัวได้แก่กรดโอลีอิกพบในปริมาณที่แตกต่างกันมากคือ 0.68- 4.68 กรัม/ 100 กรัม โดยมีปริมาณสูงสุดในกะทิ UHT ยี่ห้อชาวเกาะ ส่วนกะทิ UHT ยี่ห้ออร่อยดีพบในปริมาณ

ใกล้เคียงกับกะทิกระป๋องและกะทิพลาสเจอร์ไรซ์ น้ำมันที่มีกรดโอลีอิคสูงสุดคือน้ำมันมะกอก รองลงมาคือน้ำมันในถั่วเปลือกแข็ง น้ำมันคาโนลา (วัลลภ, 2552) ส่วนปริมาณกรดลิโนลีอิคพบเพียงเล็กน้อย คือ 0.1-1.23 กรัม/ 100 กรัม เป็นกรดไขมันจำเป็นชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนโอเมก้า-6 (essential polyunsaturated omega-6 fatty acid) พบมากในน้ำมันจากพืช เช่น ถั่วเหลือง เมล็ดข้าวโพด (Paul, http://www.chm.bris.ac.uk/motm/linoleic/linv.htm) (วันที่เข้าถึง 14 มีนาคม 2557)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบกรดไขมันในกะทิชนิดต่างๆ (กรัม/ 100 กรัมกะทิ)

ชนิดกะทิ	C8:0 (Caprylic acid)	C10:0 (Capric acid)	C12:0 (Lauric acid)	C14:0 (Myristic acid)	C16:0 (Palmitic acid)	C18:0 (Stearic acid)	C24 (Ligno ceric acid)	C18:1n9c (Oleic acid)	C18:2n6c (Linoleic acid)
สด	0.50	0.97	9.76	3.84	1.79	0.56	0.00	1.12	0.26
ผงกะทิเยียร่า	1.04	1.10	10.15	3.29	1.61	0.48	0.00	1.47	0.34
ผงกะทิเอโร	0.89	0.96	9.74	3.45	1.79	0.66	0.01	1.81	0.30
UHT ชาวเกาะ	0.86	1.03	8.95	3.83	5.22	0.75	0.00	4.68	1.23
UHT อร่อยดี	0.98	0.78	8.20	3.00	1.27	0.39	0.00	0.71	0.11
กระป๋อง อร่อยดี	1.35	1.21	9.02	3.10	1.40	0.42	0.00	0.93	0.12
กระป๋อง ชาวเกาะ	1.42	1.33	9.74	3.35	1.31	0.41	0.00	0.69	0.11
พาสเจอไรซ์ ชาวเกาะ	1.51	1.41	10.11	3.39	1.30	0.42	0.00	0.68	0.10
พาสเจอไรซ์ อร่อยดี	0.37	1.09	10.30	3.69	1.60	0.55	0.00	0.96	0.20

สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกะทิชนิดต่างๆ

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกะทิ 9 ชนิด พบว่า pH มีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ระหว่าง 6.08-6.77 (ตารางที่ 2) ค่า pH เป็นค่าที่แสดงความเป็นกรด-ด่าง ของสารเคมีจากปฏิกิริยาของไฮโดรเจนไอออน (H^+) จากการศึกษาพบว่ากะทิมีระดับ pH ใกล้กับค่ากลาง คือมีความเป็นกรดต่ำ จึงทำให้กะทิมีรสชาติไม่เปรี้ยวหรือขม แต่ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid, TSS) แตกต่างกันมาก ตั้งแต่ 3.3-19.01 โดยค่านี้หมายถึงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด ใช้บ่งชี้ความเข้มข้นของอาหารเหลว จากการศึกษาพบว่ามีค่าสูงมากในกะทิผง เพราะในการผลิตกะทิผงมักเติมสารช่วยเพิ่มปริมาณของแข็ง เช่นสารมอลโทเดกซ์ตริน เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3066/coconut-milk-น้ำกะทิ วันที่เข้าถึง 28 กุมภาพันธ์ 2557)

ตารางที่ 2 ค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด (TSS) ค่ากรด (acid value) และค่าสี ของกะทิ 9 ชนิด

ชนิดกะทิ	pH	TSS (°B)	acid value	L*	a*	b*	c*	h*
สด	6.08	6.88	0.34	1.72	0.35	0.40	0.54	47.55
ผงกะทิเยียร่า	6.77	17.61	4.75	0.80	0.12	0.67	0.69	79.62
ผงกะทิเอโร	6.63	19.01	2.34	0.84	0.07	0.79	0.79	85.17
UHT ชาวเกาะ	6.30	3.30	3.86	0.09	0	-0.15	0.15	270.09
UHT อร่อยดี	6.31	7.00	2.32	0.62	-0.12	0.64	0.65	100.25
กระป๋อง อร่อยดี	6.38	5.00	3.37	0.36	-0.05	0.18	0.18	104.76
กระป๋อง ชาวเกาะ	6.13	4.07	6.49	0.49	-0.15	0.46	0.48	108.48
พาสเจอไรซ์ ชาวเกาะ	6.37	5.00	2.85	0.91	-0.03	0.81	0.81	91.87
พาสเจอไรซ์ อร่อยดี	6.44	3.73	1.06	0.74	0.08	0.33	0.34	75.64

ผลการทดสอบค่าความเป็นกรด พบว่ากะทิ 9 ชนิด มีค่าอยู่ระหว่าง 0.34-6.49 โดยค่ากรดของกะทิสดมีค่าน้อยที่สุด และมีค่ามากในกะทิกระป๋อง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันในกะทิสดมีคุณภาพดีกว่ากะทิแปรรูป เพราะกะทิแปรรูปจะผ่านความร้อนมาระดับหนึ่งแล้ว

ส่วนค่าสีแตกต่างเด่นชัดในด้านความสว่าง (L*) คือกะทิแปรรูปความสว่างจะน้อยกว่ากะทิสด โดยเฉพาะกะทิ UHT ยี่ห้อชาวเกาะ เป็นกะทิที่มีสีน้ำตาลอ่อน เนื่องจากใช้กะลาไม่ปอกผิวมาคั้นน้ำกะทิและเห็นได้ชัดจากค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ที่มีค่าต่ำมาก

ผลของ pH และระยะเวลาการให้ความร้อนด้วยการนึ่งต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบกรดไขมันในกะทิสด

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพด้วยลักษณะปรากฏ

ในการแปรรูปอาหารจะมี ค่า pH และความร้อนมาเกี่ยวข้อง จึงทำการศึกษาผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบกรดไขมันในกะทิ ผลการนำกะทิสดมาปรับ pH แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 กะทิที่เติมกรดซิตริก 10% มีค่า pH เท่ากับ 2.3 กลุ่มที่ 2 กะทิสดที่ไม่เติมกรดและด่าง วัดค่า pH เท่ากับ 5.9 และกลุ่มที่ 3 กะทิที่เติมโซเดียมคาร์บอเนต 10 % มีค่า pH เท่ากับ 10.19 เมื่อนำกะทิในแต่ละกลุ่มมานึ่งที่อุณหภูมิ 100°ซ ในระยะเวลา 20, 40 และ60 นาที เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพดังปรากฏในภาพที่ 1 ดังนี้:-

กะทิสดควบคุม (ขวดหมายเลข 1) มีลักษณะเหลวขาวขุ่น มีความเป็นกรดอ่อน (pH 5.9) มีรสหวานเล็กน้อยแต่ไม่มีรสเปรี้ยว

กลุ่มที่ 1 กะทิสดที่เติมกรดซิตริก เนื่องจากต้องการเลียนแบบการทำอาหารใส่กะทิที่มีรสเปรี้ยว เช่น ต้มข่าไก่ ที่ใส่มะขามเปียกหรือต้มยำที่ใส่มะนาว กรดซิตริกเป็นกรดอินทรีย์ที่พบตามธรรมชาติในพืชตระกูลส้มและผลไม้หลายชนิด มะนาวมีกรดซิตริกเป็นส่วนประกอบ 7-9 % นำมาผลิตกรดซิตริก ปัจจุบันกรดซิตริกส่วนใหญ่ผลิตจากเชื้อรา กรดซิตริกถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการให้มีรสเปรี้ยว เป็นสารที่ละลายน้ำได้ส่งผลให้ค่า pH ต่ำ

ผลการศึกษาพบว่ากะทิสดกลุ่มที่เติมกรดซิตริก 10% (ขวดหมายเลข 2, 3, 4) ผ่านการนึ่งนาน 20 40 และ 60 นาที ปรากฏว่ากะทิมีลักษณะเหลวขาวขุ่นคล้ายกับก่อนนึ่ง ให้รสชาติเปรี้ยวมาก มีสีน้ำตาลออกแดงเล็กน้อยบริเวณก้นขวด เป็นที่น่าสังเกตุว่าหลังจากการนึ่งด้วยระยะเวลานานต่างๆกัน กะทิยังคงเป็นของเหลว

กลุ่มที่ 2 กะทิสดไม่เติมกรดและด่าง นำมานึ่งนาน 20 40 และ 60 นาที (ขวดหมายเลข 5, 6, 7) พบว่ากะทิจะจับตัวเป็นก้อน และยังมีสีขาวขุ่นเหมือนเดิม ทั้งนี้เพราะโปรตีนในน้ำกะทิเสียสภาพธรรมชาติ (denaturation) นั่นคืออัลบูมินและโกลบูลินในน้ำกะทิจะเกิดการเสียสภาพที่อุณหภูมิประมาณ 94°ซ และที่อุณหภูมิช่วง 92-112°ซ ตามลำดับ (Kwon *et al.,* 1996) ส่งผลให้เกิดลักษณะจับตัวเป็นก้อน (curd) เช่นเดียวกับ Buccat *et al.* (1973) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิ 10-80°ซ ต่อลักษณะคุณภาพของน้ำกะทิ พบว่าโปรตีนในน้ำกะทิส่วนมากเกิดการรวมตัวเป็นก้อนเมื่อให้ความร้อนถึงอุณหภูมิประมาณ 80°ซ เนื่องจากการเสียสภาพทางธรรมชาติของโปรตีนที่ไม่ทนความร้อน (Steinkraus *et al.,* 1968)

กลุ่มที่ 3 เมื่อนำกะทิสดมาเติมด่างโซเดียมคาร์บอเนตซึ่งเป็นสารประกอบเกลือของกรดคาร์บอนิกมีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น สามารถดูดความชื้นจากอากาศได้ดี ละลายได้ในน้ำมีฤทธิ์เป็นด่างแก่ กะทิจะมีสีน้ำตาลอ่อน และเมื่อผ่านการนึ่งนาน 20 40 และ 60 นาที (ขวดหมายเลข 8, 9, 10) จะมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นกว่าเดิม และจับตัวเป็นก้อนเล็กน้อย แสดงว่าการเติมด่างร่วมกับความร้อนทำให้โปรตีนเสื่อมสภาพได้ และเกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพอย่างเห็นได้ชัดเจน คือสีของกะทิเปลี่ยนแปลงเป็นสีคล้ำขึ้นจนถึงเฉดสีน้ำตาล

การที่กะทิเปลี่ยนสีหลังจากเติมกรดและผ่านการนึ่ง อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugar) กับกรดแอมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยา ในกะทิมีรายงานว่าน้ำตาลซูโครสเป็นคาร์โบไฮเดรตที่

มีปริมาณมากที่สุดในกะทิ คือประมาณ 7.50 กรัม/100 กรัมแห้ง (Jayalekshmy and Mathew, 1990) จากการนำ กะทิสด (ควบคุม) กะทิเติมกรด กะทิไม่เติมกรดและด่าง และกะทิเติมด่าง ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100°ซ 1 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลซูโครส พบว่ามีปริมาณ 2.28, 0, 2.94 และ 2.66 กรัม/100 กรัมกะทิ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเติมกรดร่วมกับให้ความร้อน จะทำให้น้ำตาลซูโครสเปลี่ยนแปลงไปหมดจนตรวจไม่พบ อาจจะเป็นการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเพราะมีน้ำ ความร้อน และกรดสูง ทำให้เกิดน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คือ กลูโคส และฟรุกโตส (Siddiqui, 2010) สามารถไปทำปฏิกิกริยากับกรดอะมิโนในกะทิ

ส่วนกะทิเติมด่างที่ผ่านการนึ่งเกิดสีน้ำตาลชัดเจน ในปริมาณมากกว่ากะทิเติมกรดนึ่ง ทั้งที่ปริมาณน้ำตาลซูโครสไม่ได้เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับกะทิสดควบคุม และปริมาณกรดอะมิโนทุกชนิดไม่แตกต่างจากกะทิกลุ่มอื่นๆ ทั้งกะทิสดควบคุม กะทิเติมกรดนึ่ง และกะทิไม่เติมกรดและด่างนึ่ง ดังตารางที่ 3 แสดงว่าปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในกะทิเติมด่างนึ่งแตกต่างจากกะทิเติมกรดนึ่ง ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงทดลองต้มสารละลายจากกลูโคส 2 % ผสมกับโซเดียมคาร์บอเนต 10 % เปรียบเทียบกับสารละลายซูโครส 2 % ผสมโซเดียมคาร์บอเนต 10 % ผลปรากฏว่าสารละลายจากกลูโคส 2 % ผสมโซเดียมคาร์บอเนต 10 % เมื่อได้รับความร้อน สารละลายเริ่มเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีเหลือง และเกิดสีน้ำตาลเข้มเมื่อสารละลายเดือดได้ 3 นาที ส่วนสารละลายซูโครส 2 % ผสมโซเดียมคาร์บอเนต 10 % ยังคงไม่มีสีตั้งแต่เมื่อเริ่มผสม จนต้มเดือดนาน 30 นาที การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณด่างที่ใช้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนสีของน้ำตาลซูโครส แต่ทำให้กลูโคสเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลเข้ม โดยไม่จำเป็นต้องมีกรดอะมิโน ดังนั้นการเกิดสีน้ำตาลในกะทิเติมด่างนึ่ง จึงไม่ใช่ปฏิกิริยาเมลลาร์ด แต่เป็นปฏิกิริยาคาราเมล (Villamiel *et al.,* 2006) โดยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวในกะทิสลายตัวเมื่ออยู่ในสภาวะด่างสูง คือ pH 10 และเมื่อให้ความร้อนจึงเป็นการเร่งปฏิกิริยาให้เกิดคาราเมลมากขึ้น จึงทำให้กะทิที่เติมด่างหลังนึ่งมีสีน้ำตาลเข้ม

ภาพที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของกะทิสดและกะทิที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง และผ่านการนึ่งระยะเวลานานต่างๆกันรายละเอียดดังนี้:-

ขวดหมายเลข 1 คือ กะทิสดควบคุม

ขวดหมายเลข 2, 3, 4 คือกะทิที่มี pH 2.3 ระยะเวลานึ่ง 20, 40 และ 60 นาที ตามลำดับ

ขวดหมายเลข 5, 6, 7 คือกะทิที่มี pH 5.9 ระยะเวลานึ่ง 20, 40 และ 60 นาที ตามลำดับ

ขวดหมายเลข 8, 9, 10 คือกะทิที่มี pH 10.19 ระยะเวลานึ่ง 20, 40 และ 60 นาที ตามลำดับ

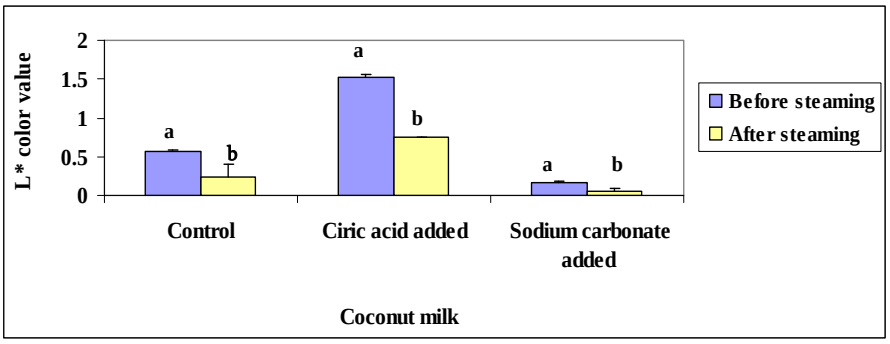
ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกรดอะมิโนระหว่างกะทิสดควบคุม และกะทิที่ผ่านการนึ่ง 100°ซ นาน 1 ชั่วโมง (มก./ 100 กรัมกะทิ)

ชนิดกรดอะมิโน	กะทิสดควบคุม	กะทิเติมกรดนึ่ง	กะทิไม่เติมกรดและด่างนึ่ง	กะทิเติมด่างนึ่ง
Alanine	140	175	142	118
Arginine	483	606	483	324
Aspartic acid	304	378	295	253
Cystine	81.5	119.5	83.5	91.5
Glutamic acid	678	846.5	669.5	572.5
Glycine	156	189	149	125.5
Histidine	71	88	68.5	47.5
Isoleucine	87	102.5	86	72.5
Leucine	171	248.5	179.5	141.5
Lysine	141.5	172	139.5	109.5
Methionine	54.5	70.5	58.5	52
Phenylalanine	108	133	110.5	87.5
Proline	92.5	100.5	93.5	84.5
Serine	142.5	170.5	137.5	107
Threonine	99.5	118	93.5	48.5
Tryptophan	8	5	7.5	8
Tyrosine	70	119.5	65.5	48
Valine	144	176.5	145.5	136.5

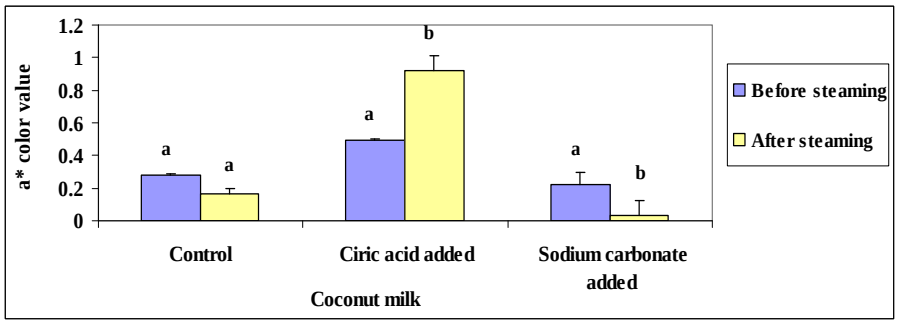
หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยของแต่ละชนิดกรดอะมิโน มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพด้วยการวัดค่าสี

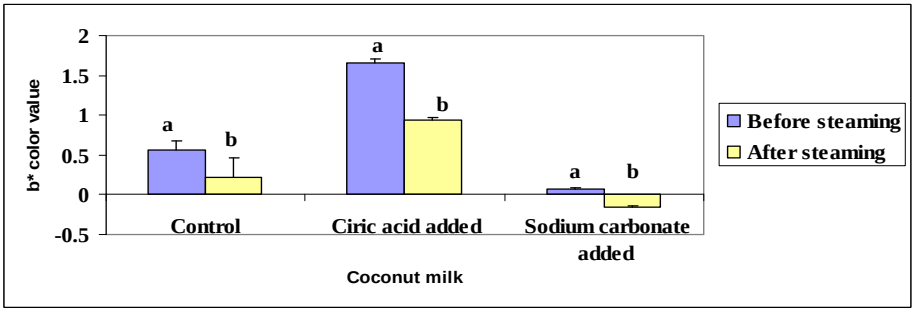
ผลการวิจัยพบว่าความร้อนจากการนึ่งกะทิที่ผ่านการเติมกรดและด่าง ที่อุณหภูมิ 100°ซ นาน 60 นาที ไม่ทำให้ค่า pH และ TSS ของกะทิก่อนและหลังนึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ค่าของสีมีความแตกต่างอย่างชัดเจน เมื่อนำกะทิสด กะทิเติมกรดและกะทิเติมด่างไปนึ่ง ค่าความสว่าง (L*) (ภาพที่ 2) และความเป็นสีเหลือง (b*) (ภาพที่ 4) จะลดลง นั่นคือกะทิมีสีคล้ำมากขึ้น ส่วนค่าสีแดง (a*) (ภาพที่ 3) มีค่าลดลงหลังจากการนึ่งกะทิสดและกะทิเติมด่าง ยกเว้นในกะทิเติมกรดที่มีความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่ายในภาพที่ 1 ก็จะพบว่าการเติมกรดทำให้กะทิมีสีคล้ำเล็กน้อยโดยเฉพาะก้นขวด ในขณะที่การเติมด่างเกิดสีน้ำตาลอ่อนทั่วทั้งขวดอย่างชัดเจน



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ สี L* ของกะทิสดควบคุม กะทิเติมกรดและกะทิเติมด่าง ก่อนและหลังนึ่ง 60 นาที ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน แสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบด้วย t-test with P (T<=t) two-tail = 0.05, 0.01 และ 0.05 ของกะทิสดควบคุม กะทิเติมกรด และกะทิเติมด่างตามลำดับ



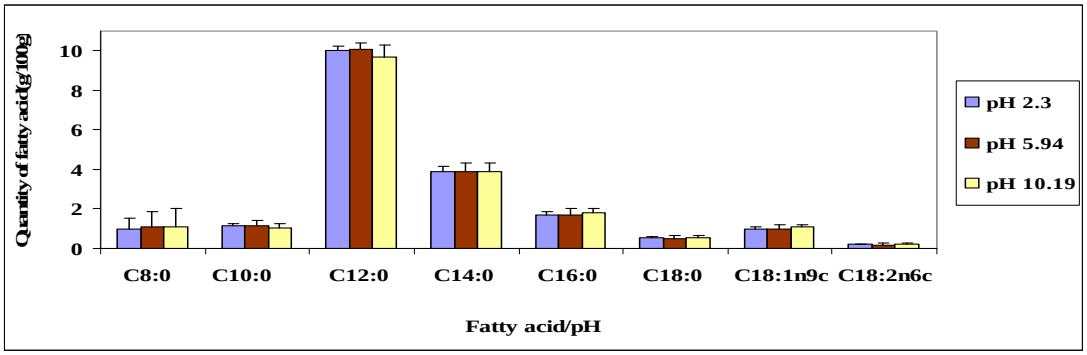
ภาพที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสี a* ของกะทิสดควบคุม กะทิเติมกรดและกะทิเติมด่าง ก่อนและหลังนึ่ง 60 นาที ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน แสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบด้วย t-test with P (T<=t) two-tail = 0.05, 0.05 และ 0.02 ของกะทิสดควบคุม กะทิเติมกรด และกะทิเติมด่างตามลำดับ



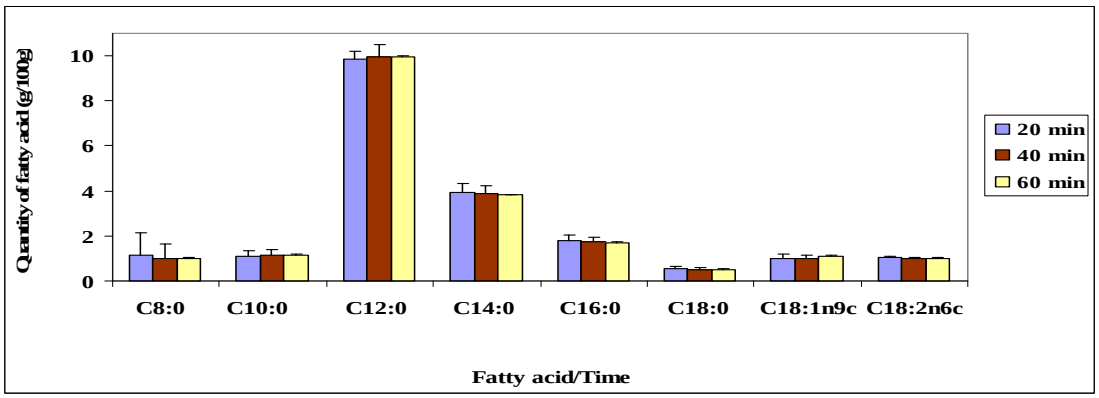
ภาพที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสี b* ของกะทิสดควบคุม กะทิเติมกรดและกะทิเติมด่าง ก่อนและหลังนึ่ง 60 นาที ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน แสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบด้วย t-test with P (T<=t) two-tail = 0.05, 0.02 และ 0.05 ของกะทิสดควบคุม กะทิเติมกรด และกะทิเติมด่างตามลำดับ

ผลของ pH และระยะเวลาการให้ความร้อนด้วยการนึ่งไอน้ำต่อองค์ประกอบกรดไขมันในกะทิสด

ผลการศึกษาปัจจัยของ pH และความร้อนจากการนึ่งกะทิสด ต่อปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิด พบว่าปัจจัยของระดับ pH ต่างๆ กัน (ภาพที่ 5) และความร้อนในการนึ่งในระยะเวลาต่างกัน (ภาพที่ 6) ไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดไขมัน 8 ชนิดในกะทิสดคือ C8:0 C10:0 C12:0 C14:0 C16:0 C18:0 C18:1n9c และ C18:2n6c แตกต่างกัน และไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงแสดงผลเฉพาะปัจจัยหลักเท่านั้น



ภาพที่ 5 ปริมาณกรดไขมัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เป็นร้อยละโดยน้ำหนัก จากอิทธิพลหลักของ pH ของกะทิสด ค่าเฉลี่ยระหว่าง pH ของแต่ละชนิดกรดไขมัน มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05



ภาพที่ 6 ปริมาณกรดไขมัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เป็นร้อยละโดยน้ำหนัก จากอิทธิพลหลักของเวลาในการนึ่งกะทิสด ค่าเฉลี่ยระหว่างเวลาการนึ่งของแต่ละชนิดกรดไขมัน มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

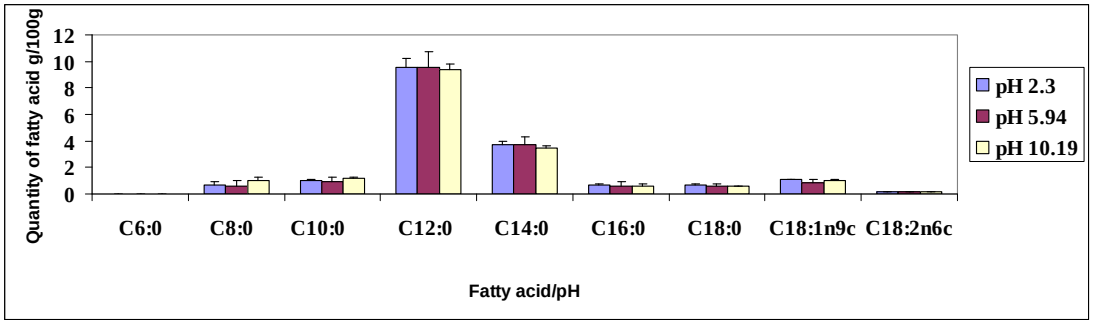
ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันชนิดต่างๆ ในกะทิที่มีการเติมกรด-ด่าง และผ่านความร้อนจากการนึ่งในระยะเวลาต่างๆกัน เมื่อเปรียบเทียบกับกะทิสดพบว่าปริมาณกรดไขมันทุกชนิดไม่แตกต่างกับกะทิสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 4) อาจจะกล่าวได้ว่าอาหารที่มีกะทิสดเป็นส่วนผสมหากมีการปรับ pH อยู่ระหว่าง 2.3-10.19 และผ่านการให้ความร้อนเพื่อปรุงสุก จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันทุกชนิด

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลอง (pH, เวลานึ่ง) กับตัวอย่างกะทิสด

ตัวอย่างกะทิ	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1n9c	C18:2n6c
กะทิสด (ควบคุม)	1.02	1.09	9.88	3.88	1.17	0.50	1.025	0.20
2 (pH 2.3, 20 นาที)	0.97	1.16	10.03	3.89	1.71	0.51	1.01	0.20
3 (pH 2.3, 40 นาที)	0.98	1.18	10.06	3.84	1.67	0.50	0.98	0.20
4 (pH 2.3, 60 นาที)	0.91	1.08	9.98	3.89	1.73	0.53	1.04	0.20
5 (pH 5.9, 20 นาที)	1.04	1.13	10.03	3.83	1.67	0.51	0.98	0.19
6 (pH 5.9, 40 นาที)	1.18	1.22	10.36	3.98	1.72	0.51	1.0	0.20
7 (pH 5.9, 60 นาที)	1.11	1.14	9.82	3.78	1.64	0.48	0.95	0.20
8 (pH 10.19,20 นาที)	1.46	0.94	9.58	4.14	1.92	0.59	1.18	0.24
9 (pH 10.19, 40 นาที)	0.78	1.02	9.37	3.78	1.77	0.51	1.03	0.20
10(pH 10.19, 60 นาที)	1.04	1.15	10.05	3.74	1.73	0.50	1.02	0.20

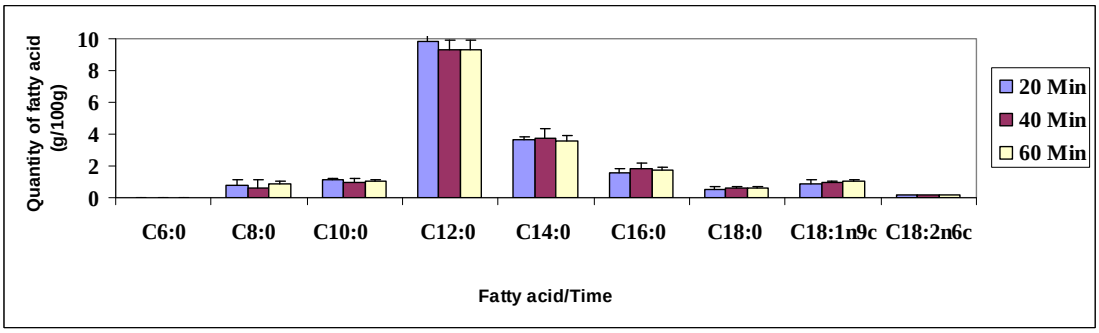
ผลของ pH และความร้อนจากการนึ่งต่อปริมาณกรดไขมันชนิดต่างๆในกะทิ UHT

ผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า pH และความร้อนจากการนึ่งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันทุกชนิดในกะทิสด แต่ปัจจุบันผู้บริโภคหรือผู้ประกอบการส่วนใหญ่นิยมใช้กะทิสำเร็จรูป โดยเฉพาะ UHT มากขึ้น จึงได้ทำการศึกษาในสภาวะเดียวกันกับกะทิสด นั่นคือทดสอบผลของ pH 3 ระดับ และความร้อนจากการนึ่งที่อุณหภูมิ 100°ซ ช่วง 3 ระยะเวลา เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน พบว่าปัจจัยของระดับ pH (แสดงในภาพที่ 7) และระยะเวลาในการนึ่งที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 8) ไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดไขมัน 9 ชนิด ได้แก่ C6:0 (caproic acid), C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1n9c และ C18:2n6c แตกต่างกัน และไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงแสดงผลเฉพาะปัจจัยหลักเท่านั้น ซึ่ง C6:0 นี้เป็นกรดไขมันที่เพิ่มขึ้นมา เฉพาะกะทิ UHT เติมด่างที่นึ่ง 60 นาที เท่านั้น พบเพียง 1 ยี่ห้อ และมีปริมาณน้อยมากคือ 0.03 กรัม/ 100 กรัม จนไม่ปรากฏในภาพที่ 7 กรดไขมัน C6:0 ไม่พบในกะทิสด ไม่พบในกะทิผงคืนรูป หรือแม้แต่กะทิ UHT ควบคุม จึงไม่ได้แสดงค่าเฉลี่ย ในตารางที่ 5 ด้วย



ภาพที่ 7 ปริมาณกรดไขมัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เป็นร้อยละโดยน้ำหนัก จากอิทธิพลหลักของ pH ของกะทิ UHT ค่าเฉลี่ยระหว่าง pH ของแต่ละชนิดกรดไขมันมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ปริมาณกรดไขมัน C6:0 ของกะทิ UHT pH 2.3 5.94 และ 10.19 มีค่าเท่ากับ 0, 0 และ 0.005 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ



ภาพที่ 8 ปริมาณกรดไขมัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เป็นร้อยละโดยน้ำหนัก จากอิทธิพลหลักของเวลาการนึ่งของกะทิ UHT ค่าเฉลี่ยระหว่างเวลาการนึ่งของแต่ละชนิดกรดไขมันมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ปริมาณกรดไขมัน C6:0 ของกะทิ UHT ช่วงนึ่ง 20 40 และ 60 นาที มีค่าเท่ากับ 0, 0 และ 0.005 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันในกะทิ UHT ที่มีการปรับ pH และผ่านความร้อนจากการนึ่งด้วยระยะเวลาต่างกัน ปรากฏว่าปริมาณกรดไขมันส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5) ยกเว้นกรดไขมันบางชนิด เช่น C8:0 C14:0 C16:0 ในกะทิบางตัวอย่างคือกะทิตัวอย่างที่ 6, 8 และ 10 มีค่าที่แตกต่างของกรดไขมันบางชนิดในกะทิที่ไม่เติมกรดหรือด่าง (ตัวอย่างที่ 6) คือ C14:0 และกรดไขมันในกะทิเติมด่าง 2 ตัวอย่างคือ ตัวอย่างที่ 8 (C8:0 และC16:0) และตัวอย่างที่ 10 (C16:0)

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลอง (pH, เวลานึ่ง) กับตัวอย่างกะทิ UHT

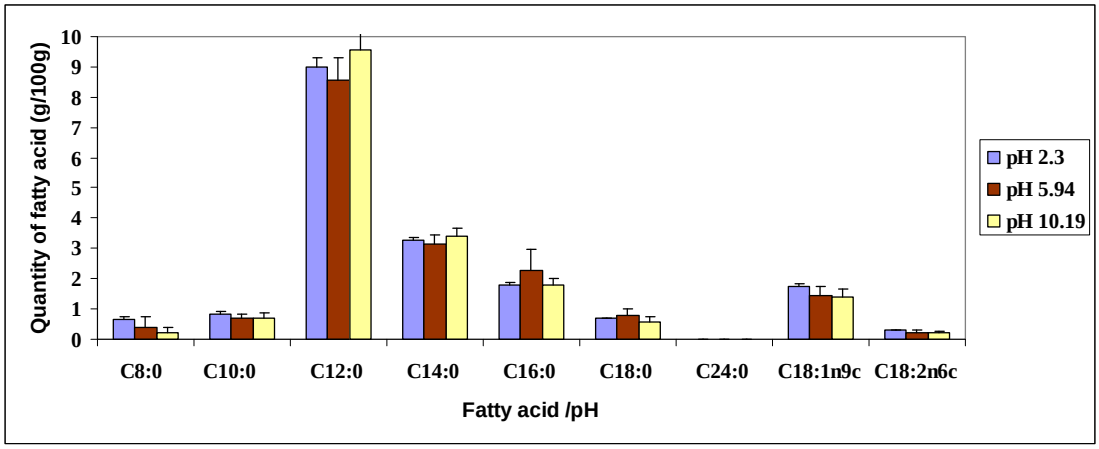
ตัวอย่างกะทิ	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1n9c	C18:2n6c
กะทิ UHT (ควบคุม)	0.19	0.66	9.94	4.34	1.97	056	0.88	0.14
2 (pH 2.3, 20 นาที)	0.84	1.09	9.78	3.75	1.80	0.65	1.03	0.16
3 (pH 2.3, 40 นาที)	0.52	0.97	9.46	3.61	1.70	0.60	1.00	0.17
4 (pH 2.3, 60 นาที)	0.43	0.96	9.67	3.82	1.80	0.61	1.15	0.22
5 (pH 5.9, 20 นาที)	0.62	1.11	10.14	3.58	1.53	0.46	0.71	0.11
6 (pH 5.9, 40 นาที)	0.38	0.7	9.36	4.16*	2.14	0.60	0.97	0.16
7 (pH 5.9, 60 นาที)	0.79	1.04	9.16	3.56	1.71	0.62	1.01	0.16
8 (pH 10.19, 20 นาที)	0.97*	1.20	9.80	3.60	1.62*	0.57	0.98	0.16
9 (pH 10.19, 40 นาที)	1.06	1.13	9.33	3.59	1.70	0.61	1.04	0.16
10 (pH 10.19, 60 นาที)	1.08	1.12	8.88	3.31	1.58*	0.57	0.93	0.14

ค่าเฉลี่ยที่มี* แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

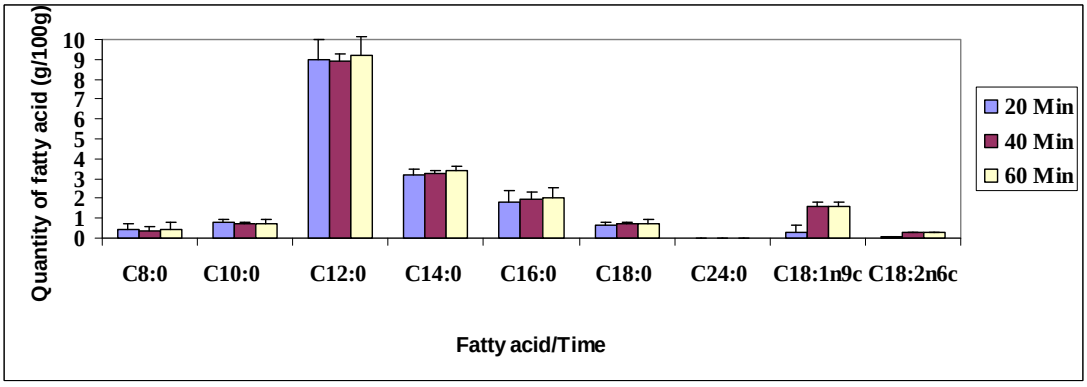
ผลของ pH และเวลาการนึ่งต่อการเปลี่ยนองค์ประกอบกรดไขมันในกะทิคืนรูปจากกะทิผง

กะทิผงเป็นกะทิสำเร็จรูปที่สะดวกต่อการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างมาก จึงนำมาศึกษาด้วยสภาวะเดียวกับกะทิสดและกะทิ UHT เมื่อนำกะทิผงมาเติมน้ำและปรับ pH 3 ระดับ ผ่านการนึ่งที่อุณหภูมิ 100^{o}ซ ระยะเวลา 3 ช่วง ผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและสี พบว่าสีของกะทิที่เติมด่างหลังผ่านการนึ่งแล้วจะมีสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งมีสีเข้มมากกว่ากะทิสดและกะทิ UHT มาก อาจเป็นเพราะการทำกะทิผงผ่านความร้อนสูงมากมาก่อนแล้ว

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน (แสดงในภาพที่ 9 และภาพที่ 10) พบว่าปัจจัยของระดับ pH และเวลาการนึ่งที่แตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดไขมัน 9 ชนิดได้แก่ C8:0, C10:0, C12:0 C14:0, C16:0, C18:0, C24:0, C18:1n9c และ C18:2n6c แตกต่างกัน และไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในกะทิผงพบกรดไขมันชนิด C24:0 เพิ่มขึ้น และพบเพียง 1 ยี่ห้อ โดยพบตั้งแต่กะทิผงควบคุม (0.01 กรัม/100 กรัม) กะทิเติมกรดนึ่ง 20 นาที (0.01 กรัม/100 กรัม) กะทิเติมกรดนึ่ง 60 นาที (0.01 กรัม/100 กรัม) กะทิไม่เติมกรดหรือด่าง นึ่ง 20 นาที (0.02 กรัม/100 กรัม) กะทิไม่เติมกรดหรือด่าง นึ่ง 40 นาที (0.02 กรัม/100 กรัม) แต่มีปริมาณน้อยมาก จึงไม่ปรากฏในภาพ ซึ่งในกะทิสด และกะทิ UHT จะไม่พบกรดไขมันชนิดนี้



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบปริมาณกรดไขมัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เป็นร้อยละโดยน้ำหนัก จากอิทธิพลหลักของ pH ของกะทิผง ค่าเฉลี่ยระหว่าง pH ของแต่ละชนิดกรดไขมัน มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (ปริมาณกรดไขมันชนิด C24:0 เท่ากับ 0.003, 0.007 และ 0 % ของกะทิ pH 2.3 5.94 และ10.19 ตามลำดับ)



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบปริมาณกรดไขมัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เป็นร้อยละโดยน้ำหนัก จากอิทธิพลหลักของเวลาการนิ่งของกะทิผง ค่าเฉลี่ยระหว่างเวลาของแต่ละชนิดกรดไขมัน มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (ปริมาณกรดไขมันชนิด C 24:0 เท่ากับ 0.005, 0.003 และ 0.002 % ของกะทิที่นิ่งนาน 20 40 และ60 นาที ตามลำดับ)

ผลของ pH และความร้อนจากการนึ่งต่อปริมาณกรดไขมันชนิดต่างๆในกะทิผง

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างกะทิทดลองกับตัวอย่างกะทิผงคืนรูปที่เป็นตัวอย่างควบคุม ในตารางที่ 6 พบว่าโดยส่วนใหญ่ชนิดและปริมาณกรดไขมันไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามมีค่าที่แตกต่างคือกรดไขมันชนิด C10:0 และ C18:2 n6 c ของกะทิทดลองที่ 5 (กะทิไม่เติมกรดหรือด่าง) และ C8:0 และ C12:0 ของกะทิทดลองที่ 8 (กะทิเติมด่าง) ซึ่งให้ผลที่คล้ายกับกะทิ UHT

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองกับกะทิผงคืนตัว (ตัวอย่างควบคุม)

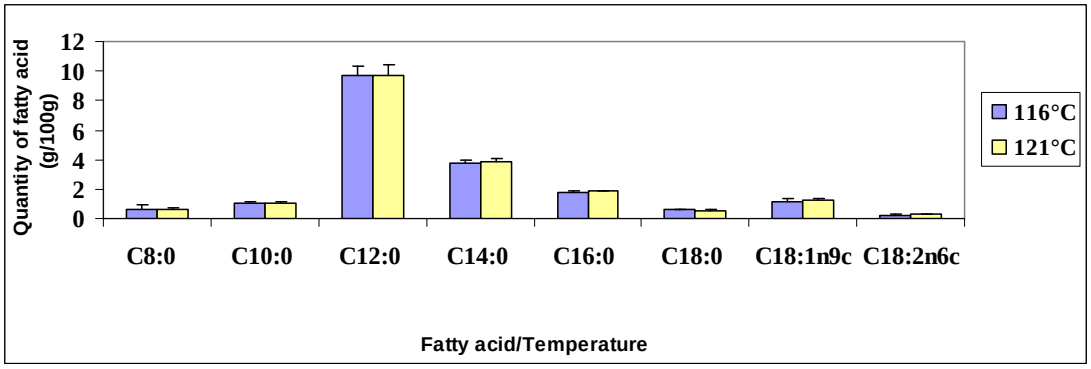
ตัวอย่างกะทิ	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C24:0	C18:1n9c	C18:2n6c
กะทิผงคืนรูป (ควบคุม)	0.74	0.87	9.21	3.36	1.78	0.66	0.005	1.84	0.30
2 (pH 2.3, 20 นาที)	0.73	0.91	9.24	3.28	1.78	0.67	0.005	1.74	0.28
3 (pH 2.3, 40 นาที)	0.48	0.78	8.90	3.28	1.80	0.68	0.000	1.77	0.29
4 (pH 2.3, 60 นาที)	0.71	0.86	8.88	3.22	1.81	0.69	0.005	1.72	0.28
5 (pH 5.9, 20 นาที)	0.33	0.63*	8.04	2.95	2.10	0.71	0.010	1.25	0.21*
6 (pH 5.9, 40 นาที)	0.48	0.74	9.02	3.26	2.25	0.78	0.010	1.46	0.24
7 (pH 5.9, 60 นาที)	0.44	0.72	8.58	3.26	2.42	0.89	0.000	1.65	0.28
8 (pH 10.19, 20 นาที)	0.25*	0.77	9.74*	3.23	1.62	0.52	0.000	1.21	0.20
9 (pH 10.19, 40 นาที)	0.21	0.68	8.90	3.32	1.92	0.69	0.000	1.58	0.26
10 (pH 10.19, 60 นาที)	0.19	0.66	10.01	3.63	1.80	0.52	0.000	1.26	0.20

ค่าเฉลี่ยที่มี* แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

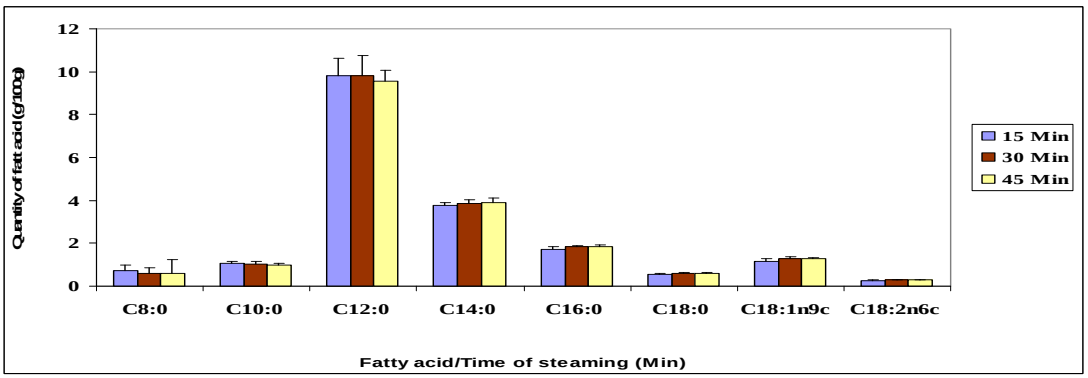
ผลของอุณหภูมิสูงและเวลาการนึ่งด้วยหม้อนึ่งความดันต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบกรดไขมันในกะทิสด

การศึกษาความร้อนที่อุณหภูมิสูงโดยหม้อนึ่งความดันต่อปริมาณกรดไขมันในกะทิสด ได้เลือกอุณหภูมิ 116°ซ และ 121°ซ ระยะเวลา15 30 และ 45 นาที โดยอาศัยผลการวิจัยก่อนหน้านี้ที่มีการผลิตกะทิกระป๋องฆ่าเชื้อที่ 240 245 และ 250 °ฟ. เป็นเวลา 22 14 และ 8 นาที (สุคนธ์ชื่น, 2531)

ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยหลักของอุณหภูมิ (ภาพที่ 11) และระยะเวลาที่ต่างกัน (ภาพที่ 12) ไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดไขมันทั้ง 8 ชนิดในกะทิทดลองได้แก่ C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1n9c และ C18:2n6c แตกต่างกัน และไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงแสดงเฉพาะปัจจัยหลักเท่านั้น



ภาพที่ 11 เปรียบเทียบปริมาณกรดไขมัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เป็นร้อยละโดยน้ำหนัก จากอิทธิพลหลักของระดับอุณหภูมิในการนึ่ง 2 ระดับ ของไขมันในกะทิสด ค่าเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิการนึ่ง ของแต่ละชนิดกรดไขมัน มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05



ภาพที่ 12 เปรียบเทียบปริมาณกรดไขมัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เป็นร้อยละโดยน้ำหนัก จากอิทธิพลหลักของเวลาในการนึ่งของไขมันในกะทิสด ค่าเฉลี่ยระหว่างเวลาการนึ่งของแต่ละชนิดกรดไขมัน มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันในกะทิทดลองตัวอย่างที่ 1-6 เปรียบเทียบกับกะทิสดควบคุม ในตารางที่ 7 พบว่ากรดไขมันทุกชนิดมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และผลวิเคราะห์ค่ากรด (acid value) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 1.71-4.34

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองกับตัวอย่างกะทิสด

ตัวอย่างกะทิ	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1n9c)	C18:2n6c
กะทิสด (ควบคุม)	0.50	0.97	9.61	3.85	1.79	0.56	1.12	0.26
1. 116°ซ, 15 นาที	0.78	1.13	10.22	3.77	1.64	0.50	1.06	0.23
2. 116°ซ, 30 นาที	0.53	0.94	9.48	3.82	1.82	0.60	1.27	0.28
3. 116°ซ,45 นาที	0.61	1.00	9.52	3.77	1.78	0.60	1.24	0.27
4. 121°ซ, 15 นาที	0.71	1.01	9.43	3.77	1.80	0.60	1.25	0.28
5. 121°ซ, 30 นาที	0.68	1.10	10.12	3.95	1.85	0.61	1.28	0.28
6. 121°ซ, 45 นาที	0.62	1.10	9.61	3.91	1.88	0.63	1.31	0.29

จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าการเติมกรดซิตริก 10 % หรือโซเดียมคาร์บอเนต 10 % ลงในกะทิสด กะทิผง กะทิ UHT และการให้ความร้อนเปียกระดับ 100°ซ ในเวลา 20 40 และ 60 นาที ไม่ส่งผลต่อชนิดและปริมาณของกรดไขมันในกะทิทั้ง 3 ชนิด เช่นเดียวกันเมื่อนำกะทิสดมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 116 และ 121°ซ ในเวลา 15 30 และ 45 นาที ก็ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณของกรดไขมันในกะทิเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Banzon and Resurreccion (1979) ที่พบว่าองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการให้ความร้อน การหมัก และการแช่แข็ง ไม่มีความแตกต่างกัน และเช่นเดียวกับองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดแบบแห้ง (copra oil) ก็ไม่แตกต่างกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่สกัดแบบเปียกและควบคุมอุณหภูมิ (Nevin and Rajamohan, 2006)

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาชนิดและปริมาณขององค์ประกอบกรดไขมันของกะทิสด กะทิผง กะทิกระป๋อง และ กะทิพาสเจอไรซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นปริมาณกรดลอริกของไขมันในกะทิ UHT 2 ยี่ห้อที่ค่อนข้างต่ำกว่าชนิดอื่นๆ คือมีปริมาณ 8.20-8.95 กรัม/100 กรัม เปรียบเทียบกับกะทิสดมี 9.76 กรัม/100 กรัม การเติมกรดซิตริก 10 % หรือด่างโซเดียมคาร์บอเนต 10 % และให้ความร้อนเปียกระดับ 100°ซ ระยะเวลา 20 40 และ 60 นาที ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณกรดไขมันในกะทิที่นำมาศึกษาทั้งแบบคั้นสด แบบแปรรูปชนิดผง และ UHT อย่างไรก็ตามพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ คือพบการแยกชั้นของไขมันเพราะโปรตีนตกตะกอน และสีที่เข้มเป็นสีน้ำตาลโดยเฉพาะการเติมด่าง ในกรณีของกะทิสดหากนำมาผ่านกระบวนการสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 116 และ 121°ซ ในระยะเวลา 15 30 และ 45 นาที จะมีการแยกชั้นของไขมัน แต่ชนิดและปริมาณขององค์ประกอบกรดไขมันในกะทิไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ดังนั้นในการประกอบอาหารหรืออุตสาหกรรมอาหารที่นำกะทิสดหรือกะทิแปรรูปมาใช้ หากมีการเติมกรดหรือด่างในปริมาณไม่เกิน 10% ของกะทิจะไม่ทำให้องค์ประกอบและปริมาณกรดไขมันเปลี่ยนไป ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภคทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ ลดหรือหมดความกังวลในประเด็นของผลเสียจากการบริโภคกะทิ อันจะเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมการบริโภคอาหารไทยให้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ทวีศักดิ์ วรรณาทิพยาภรณ์ เรียบเรียง จากวิภาวรรณ ศรีมุข การศึกษาคุณภาพของน้ำมันและไขมันสำหรับบริโภค กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม http://www.cbfood-tech.com/Articles/8.doc (วันที่เข้าถึง 11.12.2553)

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3066/ coconut-milk-น้ำกะทิ, วันที่เข้าถึง 28 กุมภาพันธ์ 2557

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0397/maillard-reaction- (วันที่เข้าถึง 17 เม.ย. 2557)

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0223/caramelization-ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล วันที่เข้าถึง 22 เม.ย. 2557)

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม 2531 การเตรียมและการรักษาความคงตัวของน้ำกะทิบรรจุกระป๋อง รายงานผลการวิจัย สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กทม.

วันเพ็ญ มีสมญา ศุภมาส โชติเมธีภิรมย์ เยาวดี คุปตะพันธ์ ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์ ผ่องศรี จิตตนูนท์ และสุคนธ์ชื่น ศรีงาม 2552 ผลของน้ำมันรำข้าวและน้ำมันมะพร้าวต่อระดับไขมันในเลือดหนูทดลอง วารสารโภชนาการ ปีที่ 44 (2): 57-65

วัลลภ พรเรืองวงศ์ 2552 ไขมันอิ่มตัวทำให้อ้วนและวิธีเลือกน้ำมันพืช http://www.oknation.net/blog/print.php?id=500639 (วันที่เข้าถึง 14 มีนาคม 2014)

AOCS. 1993. Sampling and analysis of commercial fats and oils : Acid valve AOCS official method, 4th edn., AOCS Press, Champaign, IL.

Banzon J.A. and Resurreccion A.P. 1979. Fatty acid distribution in coconut oil obtained by four processing methods and secured from four Philippine types of coconuts. Philipp J Coco Stud 4: 1–8.

Beare-Rogers, J., Dieffenbacher, A. and Holm, J.V. 2001. Lexicon of lipid nutrition (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry73 (4): 685–744.

Buccat, E.F., Gonzalez, A.L. and Manalac, G.C. 1973. Production of preteins and other food products from coconuts. Laboratory Phase. NIST Project Report.

Budavari, S., ed. 1996. The Merck Index: An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals (12th ed.), Merck, ISBN 0911910123.

Cancel, L.E. 1979. Coconut food products and bases, pp. 202-239. *In* J.G. Woodroof, ed. Coconuts: Production, Processing, products. 2nd ed. AVI, Westport, Connecticut

Conlon, L.E., King, R.D., Moran, N.E., and Erdman, J.W. 2012. Coconut oil enhances tomato carotenoid tissue accumulation compared to safflower oil in the Mongolian Gerbil (*Meriones unguiculatus*). J Agric Food Chem. 60: 8386-8394.

Cox, C., Mann, J., Sutherland, W., Chishoh, A. and Skeaff. M. 1995. Effects of coconut oil, butter, and safflower oil on lipids and lipopro- teins in persons with moderately elevated cholesterol levels. J. Lipid Res. 36: 1787-1795.

David, J., Anneken, S.B., Ralf, C., Georg, F., Udo, S. and Alfred, W. 2006. Fatty acids in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley-VCH, Weinheim.

Fife, B. 2003. The Healing Miracles of Coconut Oil. Healthwise, Colorado Springs, Colo, USA, 3rd edition.

Fife, B. 2004. The Coconut Oil Miracle. Avery Trade; 4th edition, 256 pages

Grundy, S.M., Bilheimer, D., Blackburn, H., Brown, W.V., Kwiterovich, P.O. Jr., Mattson, F., Schonfeld, G. and Weidman, W.H. 1982. Rationale of the diet-heart statement of the American Heart Association. Report of Nutrition Committee. Circulation. 65(4): 839A-854A.

Gunstone, F.D., Harwood, J.L. and Dijkstra, A.J. 2007. The Lipid Handbook with Cd-Rom. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press.

Iyer, M.N., Sarmah, B.C., Tamuli, M.K., Das, A. and Kalita, D. 2012. Effect of dietary sunflower oil and coconut oilon adipose tissue gene expression, fatty acid composition and serum lipid profile of grower pigs. Arch Anim Nutr. 66 (4): 271-82.

Jayalekshmy, A. and Mathew, A.G. 1990. Changes in the carbohydrates and proteins of coconut during roasting. Food Chemistry 37: 123–134.

Kaunitz, H. and Dayrit, C.S. 1992. Coconut oil consumption and coronary heart disease. Philippine. Journal of Internal Medicine. 30: 165-171.

Kumar, P.D. 1997. The role of coconut and coconut oil in coronary heart disease in Kerala, south India. Trop Doct. 27 (4): 215-7.

Kwon, K., Park K.H. and Rhee, K.C. 1996. Fractionation and characterization of proteins from coconut (Cocos nucifera L.) J. Agric. Food Chem. 44: 1741-1745.

Mary, G.E. 2000. Coconut: In Support of good health in the 21st century. MD, USA.

Mensink, R.P., Zock, P.L., Kester, A.D.M. and Katan, M.B. 2003. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. American Journal of Clinical Nutrition. 77 (5): 1146–1155.

Narataruksa, P., Pichitvittayakarn, W., Heggs, P.J. and Tia, S. 2010. Fouling behavior of coconut milk at pasteurization temperatures. Applied Thermal Engineering. 30: 1387-1395.

Nevin, K.G. and Rajamohan, T. 2006. Virgin coconut oil supplemented diet increased the antioxidant status in rats. Food Chem. 99: 260–266.

Papamandjaris, A.A., MacDougall, D.E. and Jones, P.J. 1998. Medium chain fatty acid metabolism and energy expenditure: obesity treatment implications. Life Sci. 62 (14): 1203-1215.

Paul, P. Linoleic Acid. http://www.chm.bris.ac.uk/motm/linoleic/linv.htm
(วันที่เข้าถึง 4 มีนาคม2557)

Prior, I.A., Davidson, F., Salmond, C.E. and Czochanska, Z. 1981. Cholesterol, coconuts, and diet on polynesian atolls: a natural experiment: the Pukapuka and Tokelau Island studies. American Journal of Clinical Nutrition 34: 1552-1561.

Salunkhe, D.K., Chavan, J.K., Adsule, R.N. and Kadam, S.S. 1992. World Oilseeds: Chemistry, Technology and Utilization. AVI, Van Nostrand Reinhold, New York.

Seow, C.C. and Gwee, C.N. 1997. Review, coconut milk: chemistry and technology. International Journal of Science and Technology 32: 189–201.

Siddiqui, I. 2010. Polarographic investigation of kinetics of inversion of sucrose. Rasayan J. Chem. 3 (2): 255-259

Simuang, J., Chiewchan, N. and Tansakul, A. 2004. Effect of fat content and temperature the apparent viscosity of coconut milk. J. Food En. 64: 193-197.

Steinkraus, K.H., David, L.T., Ramos, L.J. and Banzon, J. 1968. Development of flavored soymilks and soy/coconut milks for the Philippine market. Philipp. Agriculturist. 52: 268-276.

St-Onge, M.P. and Jones, P.J. 2002. Physiological effects of medium chain triglycerides: potential agents in the preventions of obesity. J Nutr. 132 (3) : 329-333.

Tangkanakul, P., Auttaviboonkul, P., Niyomwit, B., Lowvitoon, N., Charoenthamawat, P. and Trakoontivakorn, G. 2009. Antioxidant capacity, total phenolic content and nutritional composition of Asian foods after thermal processing. International Food Research Journal 16: 571-580.

Tangkanakul, P., Trakoontivakorn, G., Saenprakai, J., Auttaviboonkul, P., Niyomwit, B., Lowvitoon, N. and Nakahara, K. 2011. Antioxidant capacity and antimutagenicity of thermal processed Thai foods. JARQ 45: 211 – 218.

Thijssen, M.A. and Mensink, R.P. 2005. Fatty acids and atherosclerotic risk. In Arnold von Eckardstein (Ed.) Atherosclerosis: Diet and Drugs. Springer. pp. 171–172.

Tsuji, H., Kasai, M., Takeucchi, H., Nakamura, M., Okazaki, M. and Kondo, K. 2001. Dietary medium-chain triacylglycerols suppress accumulation of body fat in a double-blind controlled trial in healthy men and women. J Nutr. 131: 2853-2859.

Villamiel, M., del Castillo, M. D. and Corzo, N. 2006. 4. Browning Reactions. In Hui, Y. H., Nip, W-.K., Nollet. L. M. L., Paliyath, G. and Simpson, B. K. Food biochemistry and food processing. Wiley-Blackwell. pp. 83–85.

Zakaria, Z.A., Rofiee, M.S., Somchit, M.N., Zuraini, A., Sulaiman, M.R., Teh, L.K., Salleh, M. Z. and Long K. 2011. Hepatoprotective activity of dried- and fermented-processed virgin coconut oil evidence-based complementary and alternative medicine article ID 142739, 8 pages doi: 10.1155/2011/142739

Zamora, A. 2005. Fats, Oils, Fatty Acids, Triglycerides http://www.scientificpsychic.com/fitness/fattyacids.html (วันที่เข้าถึง 23 มิถุนายน 2554)

Zock, P.L., de Vries, J.H. and Katan, M.B. 1994. Impact of myristic acid versus palmitic acid on serum lipid and lipoprotein levels in healthy women and men. Arterioscler Thromb Vasc Biol. 14: 567-575.

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ น.ส. ช่อลัดดา เที่ยงพุก
2. เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 1605 00034 35 8 รหัสประจำตัว 38-40-0190
3. ตำแหน่ง นักวิจัยชำนาญการพิเศษ
4. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10903

โทร 0-2942-8629-35 ต่อ 613 หรือ 614 โทรสาร 940-6455 E-mail address : ifrcdt@ku.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบัน
2531	ปริญญาตรี	วท.บ. วิทยาศาสตร์บัณฑิต	พัฒนาผลิตภัณฑ์	ม. เกษตรศาสตร์ ประเทศไทย
2542	ปริญญาโท	วท.ม. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต	วิทยาศาสตร์การอาหาร	ม. เกษตรศาสตร์

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

การแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารจากผลิตผลทางการเกษตร การพัฒนาผลิตภัณฑ์

7. ประสบการณ์ในงานวิจัย

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว:

1) Chowladda Teangpook ,WinusPuminat , Janpen Saengprakai. Production and sensory evaluation of white dragon fruit beverage 13th ASEAN Food Conference, 9-11 September 2013, Singapore (Poster, Proceeding)
2) C. Teangpook, W. Panthavee, W. Puminat, V. N. Thalang. Citric acid sweet potato extraction beverages containing grape juice and fermented glutinous rice syrup. Pakistan Journal of Nutrition Volume 11, Number 4, 2012
3) Chowladda Teangpook Urai Paosangtong, Yenjai Titatarn, Somchit Onhem and Winus Puminat. 2011. Production and nutrition of Khi Lek *(Siamese cassia*) curry of middle of Thailand. Kasetsart J. (Nat.Sci.) 45: 510-520.
4) Chowladda Teangpook Urai Paosangtong and Kritsana Temtrakool. 2011. Sunflower meal snack production using a village texturizer and its shelf life. Kasetsart Journal (Natural Science) 45: 900-908.
5) Chowladda Teangpook and Urai Paosangtong . 2011. The production and shelf life of high-iron, pre-cooked rice porridge with ferrous sulphate and other high-iron materials. Maejo Int. J. Sci. Technol. 5(02): 279-291
6) Chomdao Sikkhamondhol, Chowladda Teangpook, Sumitra Boonbumrung, Sirivatana Chittrepol 2009. Quality of bread with added turmeric (*Curcuma longa)*: powder, Essential oil and extracted residues As. J. Food Ag-Ind. 2(04), 690-701.
7) ช่อลัดดา เที่ยงพุก เสาวลักษณ์ รุ่งแจ้ง ศิริพงศ์ เทศนา ธีระ ทองเผือก การปรับปรุงขบวนการผลิตชาใบหม่อน รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอ สกว. 2545
8) ช่อลัดดา เที่ยงพุก สายสนม ประดิษฐ์ดวง การผลิตน้ำมะม่วงเข้มข้นใสจากพันธุ์น้ำดอกไม้ อาหาร: ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม – มีนาคม 2544

9) ช่อลัดดา เที่ยงพุก กัญญา สุจริตวงศานนท์ สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม และยุวดี พีรพรพิศาล. การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กสาหร่ายไกกึ่งสำเร็จรูป โปสเตอร์การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43 ปี 2548

10) ช่อลัดดา เที่ยงพุก และอุไร เผ่าสังข์ทอง 2555 สมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของต้นหอมแห้งและเหง้าขิงอ่อนแห้ง วารสารเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีที่ 28 ฉบับที่ 1

11) ช่อลัดดา เที่ยงพุก อุไร เผ่าสังข์ทอง เย็นใจ ฐิตะฐาน สมจิต อ่อนเหม และวินัศ ภูมินาศ ผลการต้มใบขี้เหล็กต่อปริมาณแอนไฮโดรบาราคอล เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 เล่มที่ 8 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร หน้า 538-546

12) ช่อลัดดา เที่ยงพุก และ อุไร เผ่าสังข์ทอง การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการยอมรับโจ๊กธาตุเหล็กสูงจากการเสริมเฟอรัสซัลเฟต เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการใน Thailand Research Symposium 2010 Proceedings Poster Presentation หน้า 23-25

13) ช่อลัดดา เที่ยงพุก อุไร เผ่าสังข์ทอง และจันทร์เพ็ญ แสงประกาย การศึกษาลักษณะทางกายภาพ เคมีและทางประสาทสัมผัสของเสาวรส สด 2 สายพันธุ์ รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุน สวพ. มก.

14) ช่อลัดดา เที่ยงพุก วินัศ ภูมินาถ อุไร เผ่าสังข์ทอง และจันทร์เพ็ญ แสงประกาย การสกัด และคุณสมบัติของแอนโทไซยานินส์จากเปลือกเงาะสด รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุน สวพ. มก.

15) ช่อลัดดา เที่ยงพุก และวินัศ ภูมินาถ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอนโทไซยานินส์สูงจากข้าวกล้องที่มีสีเข้ม รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุน สวพ. มก.

16) ช่อลัดดา เที่ยงพุก อุไร เผ่าสังข์ทอง เย็นใจ ฐิตะฐาน สมจิต อ่อนเหม และวินัศ ภูมินาถ การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์อาหารไทยชนิดทอด จำนวน 78 หน้า รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ชุดโครงการวิจัย การวิจัยและพัฒนาอาหารไทยสุขภาพ การประชาสัมพันธ์ และการขยายผลสู่เชิงพาณิชย์ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2552

17) ช่อลัดดา เที่ยงพุก ลัดดา วัฒนศิริธรรม อุไร เผ่าสังข์ทอง เย็นใจ ฐิตะฐาน และงามจิตร โล่วิทูร แกงหน่อไม้ใบย่านางในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว ใน Proceedings 35th Congress on Science and Technology of Thailand 2009 หน้า 1-6

18) ช่อลัดดา เที่ยงพุก ลัดดา วัฒนศิริธรรม อุไร เผ่าสังข์ทอง เย็นใจ ฐิตะฐาน และงามจิตร โล่วิทูร การศึกษาลักษณะทางกายภาพของหน่อไม้สด และการแปรรูปหน่อไม้สด รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุน สวพ. มก. ปี พ.ศ. 2548 ชุดโครงการการวิจัยและพัฒนาการปลูกไผ่เพื่อการผลิตหน่อไม้ และการใช้ประโยชน์จากไม้ไผ่

19) ช่อลัดดา เที่ยงพุก วินัศ ภูมินาถ และจันทร์เพ็ญ แสงประกาย การใช้ประโยชน์จากแก้วมังกรขาว และแก้วมังกรแดง ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 ทุน สวพ. มก.

20) ช่อลัดดา เที่ยงพุก อนุสิทธิบัตร ผลิตภัณฑ์แยมผัก เลขที่ 7827 (หนังสือแจ้ง วันที่ 28 มิถุนายน 2556)

งานวิจัยที่กำลังทำ :

1) หัวหน้าโครงการ ผลของความร้อนแบบเปียก ต่อองค์ประกอบกรดไขมันของกะทิ ทุน วช.ปี 2556 ก้าวหน้า 80 % สิ้นสุด เดือนธันวาคม 2556

2) หัวหน้าโครงการเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและคุกกี้แอนโทไซยานินสูงจากข้าวโพดม่วงลูกผสมแอนโทไซยานินสูงสดทุน วช. ปี 2556 ก้าวหน้า 10 % สิ้นสุด สิงหาคม 2557

ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อนามสกุล น.ส. ศิริมา เสพศิริ

ที่อยู่ปัจจุบัน อาคารพักอาศัยบุคลากรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 1 เลขที่ 50
ถ. งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

ประวัติการศึกษา

สถาบันการศึกษาที่จบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต วุฒิปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เคมี ปี 2549

ตำแหน่งปัจจุบัน

นักวิทยาศาสตร์

สถานที่ทำงานปัจจุบัน

ศูนย์บริการประกันคุณภาพสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สาขาที่มีความชำนาญ/ประวัติการเข้ารับการฝึกอบรม

- GC ChemStation Operation จาก Agilent Technologies
- เทคนิคพื้นฐานแก๊สโครมาโตกราฟฟี่ รุ่นที่ 2 จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ นายวินัศ ภูมินาถ
2. หมายเลขบัตรประชาชน 39206 00192 900 รหัสนักวิจัย 45-40-0094
3. ตำแหน่ง นักวิจัยชำนาญการพิเศษ

4.หน่วยงานที่สังกัด ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โทรศัพท์ 9428630-35 ต่อ 500 โทรสาร 9406455 E-mail: ifrwnp@ku.ac.th

5.ประวัติการศึกษ

วุฒิการศึกษา	อักษรย่อปริญญาและ ชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
ตรี	(กศบ.) การศึกษา บัณฑิต	เคมี	ม.ศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา	ไทย
ตรี	(คศบ.) คหกรรมศาสตร์บัณฑิต	โภชนาการชุมชน	ม.สุโขทัยธรรมมาธิราช	ไทย
โท	(วทม.)วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต	เคมี	ม.เชียงใหม่	ไทย

6. สาขาวิชาการมี่มีความชำนาญพิเศษ Food chemistry, Natural product
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

1) W. Puminat and C. Teangpook 2013. Extraction of anthocyanin and color from rambutan Peel.. The 13th Asean Food Conference 2013 Max Atria Singapore Expo Singapore (Poster, Proceeding)
2) W. Puminat and C. Teangpook. 2013. Extraction and Powder Product of Fructo oligosaccharinde from Jelusalem Artichoke. J. Food Science and Engineering. 3(3) pp. 141-148
3) Puminat, W. and Teangpook, C. 2012. Identification and Content of Fructo oligosaccharide Series in Herbs foods. The 38th Congress on Science and Technology of Thailand (STT 38)

October 17-19, 2012 Chaingmai Thailand

4) Puminat, W. and Teangpook, C. 2012. Determination and extraction of Fructo oligosaccharide from Jerusalem Artichoke 6th TCN 2012 Semtember 10-12, 2012 Bangkok Thailand

5) Puminat, W. and Teangpook, C. 2011. Changes acidity of various kind oil used for deep frying in Thai foods The 37th Congress on Science and Technology of Thailand October 10-12, 2011 Bangkok Thailand

6) Puminat, W . and Teangpook,C. 2553. Anhydrobarakol Content in Parts of Herb (*Senna siamea*) in Thailand. Abstract book. The 15th World Congress of Food Science and Technology International Union of Food Science and Technology (IUFOST) pp.157

7) วินัศ ภูมินาถ และ ช่อลัดดา เที่ยงพุก 2554 อนุสิทธิบัตรเรื่องผลิตภัณฑ์แป้งสำเร็จรูปและกรรมวิธีการผลิตที่อสป/200-ข ลว.21 กพ. 2554

8) วินัศ ภูมินาถ และ ช่อลัดดา เที่ยงพุก 2550 การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะพร้าวน้ำหอมคืนรูปและการใช้ประโยชน์ รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อศูนย์พัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีรัฐร่วมเอกชน 29 หน้า

9) วินัศ ภูมินาถ และ มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด 2548 อนุสิทธิบัตรเรื่องกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดพร้อมชงดื่มและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธี ที่พณ 0706.1/6618 ลว 3พย. 2548

10) Puminat, W. Thakeadipong, S. and Booncharoene, C. 2006. Maintain quality of fruit juice product food for health : The Magic of Asian Agricuture. The 4nd KU-NPUST Bilateral Conference November 6-8, 2006 Kasetsart University Bangkok Thailand

11) Puminat W. 2005. Evaluation on Toxical Substances of Water Convolulus. The First International Symposium on Water Convolvulus. March, 17-18, 2005. Kasetsart University. Bangkok. Thailand.

12) Puminat, W. 2003. Comparison of iron absorption – inhibited substances in local Thai vegetables. Kasetsart Journal Natural Science. The Publication of Kasetsart Univesity. 37 (2) April-June. pp. 197-200.

13) Puminat, W. 2003. Contents of ferric absorption – inhibited substances in Thai local vegetables healthy life in a safe environment: The present situation, cooperation and future action. The 12th biennial international congress of Asian regional association for home economics August 5-8, 2003 Chiangmai, Thailand.

14) Puminat, W. 2003. Analysis of various national ferric binding substance in Thai local vegetables. The 2nd KU-NPUST bilateral conference on global food adminitration: from production to processing. 60th Anniversary. December 8-9, 2003 Kasetsart University Bangkok Thailand