รหัสโครงการ SUT3-305-50-12-26

รายงานการวิจัย

การปรับปรุงกลิ่นรสของไอศครีมที่มีโปรตีนและน้ำมันจากถั่วเหลืองด้วยสมุนไพรไทย

(Flavor Improvement in Ice Cream Containing Soy Protein and Soy Bean Oil by Thai Herbs)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีงบประมาณ พ.ศ. 2550

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3-305-50-12-26

รายงานการวิจัย

การปรับปรุงกลิ่นรสของไอศครีมที่มีโปรตีนและน้ำมันจากถั่วเหลืองด้วยสมุนไพรไทย

(Flavor Improvement in Ice Cream Containing Soy Protein and Soy Bean Oil by Thai Herbs)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวัฒ ไทยอุดม

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

นางสาวสิรินาฏ เนติสิริ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2550

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

พฤศจิกายน 2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการนำสมุนไพรไทย 2 ชนิด ได้แก่ ตะไคร้สด และใบเตยหอม มาปรับปรุงกลิ่นรสของไอศกรีมที่มีโปรตีนและน้ำมันจากถั่วเหลือง โดยใช้การยอมรับทางประสาทสัมผัสและการยืนยันปริมาณสารที่ให้กลิ่นรสด้วยวิธี Headspace-solid phase microextraction-Gas chromatography-Mass spectrophotometry (HS-SPME-GC-MS) ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเป็นตัวชี้วัด โดยศึกษา 1) สารสกัดที่ให้กลิ่นรสของสมุนไพรไทย 2 แบบ ได้แก่ สารสกัดที่ให้กลิ่นรสที่ได้จากการสกัดสดด้วยน้ำ ใช้อัตราส่วนของสมุนไพรสดต่อ น้ำ เท่ากับ 10:100 15:100 และ 20:100 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) และสารสกัดที่ให้กลิ่นรสที่ผ่านการแปรรูปให้อยู่ในรูปผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายเพื่อเลือกระดับ maltodextrin ที่เหมาะสมในการผลิตใบเตยผง และตะไคร้ผงโดยการแปรปริมาณ maltodextrin ตัวอย่างละ 5 ระดับ (ร้อยละ 2, 4, 6, 8 และ 10 น้ำหนักโดยน้ำหนัก) โดยทดสอบการเรียงลำดับความชอบ ใช้ผู้ประเมินผลทางประสาทสัมผัสในระดับปฏิบัติการ (laboratory panel) จำนวน 30 คน 2) ปริมาณสารที่ให้กลิ่นรสของใบเตยหอม และตะไคร้ ที่สามารถกลบกลิ่นรสถั่ว (beany flavour) ในสารละลายโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและไอศกรีม โดยทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการหาขีดจำกัดต่ำสุด (threshold test) ที่กลิ่นรสจากใบเตยหอม และ ตะไคร้ สามารถกลบกลิ่นหรือลดกลิ่นรส beany ได้ โดยการทดสอบชิม ใช้ผู้ประเมินผลทางประสาทสัมผัสในระดับปฏิบัติการ จำนวน 20 คน แล้วยืนยันปริมาณสารดังกล่าวที่สามารถกลบกลิ่นรส beany ด้วยวิธี HS-SPME-GC-MS 3) ผลของกลิ่นรสสมุนไพรและปฏิสัมพันธ์ของกลิ่นสมุนไพรกับกลิ่นรส beany ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วเหลือง โดยทำการเปรียบเทียบการยอมรับผลิตภัณฑ์และปฏิสัมพันธ์ของกลิ่นรสกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการใช้สารให้กลิ่นรสสมุนไพรไทย ด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ประเมินผลทางประสาทสัมผัสในระดับปฏิบัติการ จำนวน 50 คน แล้วทำการยืนยันปริมาณสารที่สามารถกลบกลิ่นรส beany ในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมด้วย HS-SPME-GC-MS ตามลำดับ

จากการศึกษาพบว่าระดับการใช้ใบเตยสดและตะไคร้สดต่อน้ำที่เหมาะสมคือ 10:100 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) และการใช้ปริมาณ maltodextrin ที่ระดับร้อยละ 2 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) เป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับใช้เพื่อผลิตสารสกัดผง ขีดจำกัดต่ำสุดของสารสกัดจากน้ำใบเตยสด ใบเตยผง น้ำตะไคร้สด และตะไคร้ผงในสารละลายโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ที่สามารถกลบกลิ่นรส beany มีค่าเท่ากับ 327.91, 265.65, 224.75 และ 82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อนำสารสกัดที่ให้กลิ่นรสไปใช้ในไอศกรีมถั่วเหลือง พบว่าระดับต่ำสุดของสารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำ

ใบเตยสด ใบเตยผง น้ำตะไคร้สด และตะไคร้ผง ที่สามารถกลบกลิ่น beany ได้ มีค่าเท่ากับ 895.40, 458.15, 339.33 และ 147.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จากการคัดเลือกสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยและตะไคร้ ด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบการยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธี 9-point Hedonic scale พบว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสดร้อยละ 16.78 ไอศกรีมที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผงร้อยละ 2.19 ไอศกรีมที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สดร้อยละ 4.71 และสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยตะไคร้ผงร้อยละ 0.68 ให้ค่าการยอมรับของผลิตภัณฑ์มากที่สุดในแต่ละชนิดของสารสกัด อย่างไรก็ตามไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผง และตะไคร้ผงได้รับการยอมรับ และสามารถกลบกลิ่นรส beany ได้ดีที่สุด

เมื่อยืนยันสารที่ให้กลิ่นรสด้วยวิธี HS-SPME-GC-MS พบว่าสารหลักที่ให้กลิ่นรส beany ได้แก่ hexanal, pentanal, benzaldehyde, 2-pentyl-furan และ 1-octen-3-ol สารหลักที่ให้กลิ่นรสในใบเตยหอม ได้แก่ 2-acetyl-1-pyroline และ 3-methyl-2(5H)-furanone ส่วนสารที่ให้กลิ่นรสในตะไคร้ ได้แก่ β-myrcene, α-pinene, 3-carene, neral, geranial และ geraniol สารระเหย hexanal ที่เป็นสารให้กลิ่น beany ที่สำคัญมีปริมาณลดลงในสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผงและตะไคร้ผง เนื่องจากการเกิดปฏิสัมพันธ์ทางเคมีของกลิ่น beany กับองค์ประกอบของอาหารในไอศกรีม (โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต) สารกักเก็บกลิ่นรส (maltodextrin และ β-cyclodextrin) และการกลบกลิ่น (masking) จากกลิ่นของใบเตยและตะไคร้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

The objective of this research was to study the effect of using 2 Thai herbs: lemongrass and pandan leaf, on improving the flavor of ice cream which contained soy protein and soybean oil. Sensory evaluation and a quantity of flavour compounds detected by Headspace-solid phase microextraction-Gas chromatography-Mass spectrophotometry (HS-SPME-GC-MS) of such ice cream were used as experimental indices. This study focused on, firstly, the comparison of the flavour extracts received from water extraction which varied the ratio of herb to water at 10:100, 15:100, and 20:100 (w/w) and from spray drying which varied maltodextrin concentration at 2, 4, 6, and 10% (w/w). Preference ranking tests were conducted by 30 laboratory panelists. Secondly, the focus was on the quantity of flavour extracts in lemongrass and pandan leaf which masked beany flavour in soy protein solution and ice cream, using threshold test by 20 laboratory panelists and using HS-SPME-GC-MS to confirm the sensory results. The third focus was on the effect of Thai herbs and their interactions with beany flavour in soybean ice cream on the acceptance test evaluated by 50 laboratory panelists and the results were confirmed by HS-SPME-GC-MS.

The results showed that the ratio of lemongrass or pandan leaf to water for giving the best flavour extracts was 10 to 100 (w/w), and the optimum quantity of maltodextrin added into the extracts to make powder from spray drying was at 2% (w/w). Threshold values which masked beany flavour in suspension of soy protein isolate of fresh lemongrass extract (FLE) and powdered lemongrass extract (PLE) were 224.75 and 82 mg/kg, respectively while those of fresh pandan leaf extract (FPE) and powdered pandan leaf extract (PPE) were 327.91 and 265.65 mg/kg, respectively. However, the threshold values of such extracts when applied to the soybean ice cream were 327.91, 458.15, 339.30 and 147.60 mg/kg for FPE, PPE, FLE and PLE, respectively.

Soy protein ice cream whose flavour was improved by 16.78% FLE, 0.68% PLE, 4.71% FPE or 2.19% PPE was most accepted among each type of the extracts. However, soy protein ice cream with the flavour enhanced by PLE or PPE was accepted more and could mask beany flavour better when compared to FLE and FPE.

HS-SPME-GC-MS was used to detect the beany flavour in this study. It was composed of hexanal, pentanal, benzaldehyde, 2-pentyl-furan and 1-octen-3-ol. The flavour compounds in pandan

leaf extract detected by HS-SPME-GC-MS were 2-acetyl-1-pyroline and 3-methyl-2(5H)-furanone while the compounds found in lemongrass extract were β-myrcene, α-pinene, 3-carene, neral, geranial and geraniol. The most important beany flavor (hexanal) in soy protein ice cream containing PLE or PPE was decreased due to the flavour interaction with food matrix (protein, lipid and carbohydrate), maltodextrin and β-cyclodextrin and flavour masked by PLE and PPE.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้เงินอุดหนุนการวิจัย ขอขอบคุณสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้โอกาสและเวลาผู้วิจัยทำงานวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์เครื่องมือ 3 และศูนย์เครื่องมือ 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีทุกท่านที่สละเวลาให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกให้ผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา ขอบคุณผู้ช่วยวิจัยทุกท่านที่ช่วยมุมานะทำงานวิจัยชิ้นนี้จนประสบผลสำเร็จมาเป็นรูปเล่มฉบับสมบูรณ์ได้เช่นนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ฐ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฒ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 7
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย 7
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9
2.1 ไอศกรีม 9
2.1.1 ส่วนประกอบของไอศกรีมและคุณสมบัติหน้าที่ 9
2.1.2 กระบวนการผลิตไอศกรีม 12
2.2 ความรู้เรื่องถั่วเหลือง 14
2.2.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ 14
2.2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง 15
2.2.3 ประโยชน์ของโปรตีนถั่วเหลืองต่อสุขภาพ 15
2.2.4 การใช้โปรตีนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์อาหาร 16
2.2.5 กลิ่นถั่ว 17
2.3 รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับตะไคร้ 21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ 21
2.3.2 สารที่ให้กลิ่นรสในตะไคร้ 21
2.4 รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับเตยหอม 22
2.4.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ 22
2.4.2 สารที่ให้กลิ่นรสในเตยหอม 22
2.5 การทำแห้งแบบพ่นกระจาย 23
2.5.1 สารช่วยในการทำแห้งและกักเก็บกลิ่นรส 23
2.6 การเกิดสารที่ให้กลอ่นรสและปฏิสัมพันธ์ของกลิ่นรส 25
2.6.1 กระบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพ 26
2.6.2 ปฏิกิริยาโดยตรงของเอนไซม์ 26
2.6.3 ปฏิกิริยาโดยอ้อมของเอนไซม์ 26
2.6.4 ไพโรไลซิส 27
2.7 เฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครแอคแทรคชั่น 28
2.7.1 ศึกษาอัตราส่วนเฟส 28
2.7.2 อุณหภูมิในการสกัด 28
2.7.3 เวลาในการสกัด 28
2.7.4 ชนิดและปริมาณของเกลือที่เติม 28
2.7.5 เวลาในการคายการดูดซับ 29
2.7.6 ชนิดของไฟเบอร์ 29
2.8 แก๊สโครมาโทกราฟี-แมส สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ 30
2.8.1 แก๊สโครมาโทกราฟี 30
2.8.2 แมส สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ 31
2.9 การทดสอบทางประสาทสัมผัส 32
2.9.1 ประเภทของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส 32
2.9.2 วิธีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 34

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ 36

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ 36

3.2 วัตถุดิบ 37

3.3 สูตรส่วนผสมและการเตรียมตัวอย่างไอศกรีม 37

3.3.1 สูตรส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม 37

3.3.2 การเตรียมตัวอย่างส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม และตัวอย่างไอศกรีมแช่แข็ง 37

3.4 สารสกัดที่ให้กลิ่นรสในใบเตยหอมและตะไคร้ที่ได้มาจากการทำแห้งแบบพ่นกระจายหรือการสกัดด้วยน้ำ 38

3.4.1 หาสูตรที่เหมาะสมจากการสกัดด้วยน้ำ 38

3.4.2 หาสูตรที่เหมาะสมจากการสกัดด้วยน้ำและแปรรูปให้อยู่ในรูปผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย 39

3.5 การศึกษาปริมาณสารที่ให้กลิ่นรสในใบเตยหอม และตะไคร้ที่สามารถกลบกลิ่นถั่ว (beany flavour) 39

3.5.1 หาขีดจำกัดต่ำสุด (treshold) กลิ่นรสในใบเตยหอม และตะไคร้ทั้ง 2 แบบ คือ แบบน้ำใบเตยสด น้ำตะไคร้สด ใบเตยผง และตะไคร้ผง 39

3.5.2 หาขีดจำกัดต่ำสุด (treshold) กลิ่นรสในใบเตยหอม และตะไคร้ที่เติมลงไปในสารละลายของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (ร้อยละ 4.8) ที่พบในไอศกรีม 40

3.5.3 หาขีดจำกัดต่ำสุด (treshold) กลิ่นรสในใบเตยหอม ทั้ง 2 แบบ คือ แบบน้ำใบเตยสด และใบเตยผง ที่เติมลงไปในไอศกรีมที่มีโปรตีนสกัดและน้ำมันจากถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบ 40

3.5.4 หาขีดจำกัดต่ำสุด (threshold) กลิ่นรสในตะไคร้ ทั้ง 2 แบบ คือ แบบน้ำตะไคร้สด และตะไคร้ผง ที่เติมลงไปในไอศกรีมที่มีโปรตีนสกัดและน้ำมันถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบ 41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 การศึกษาผลของกลิ่นรสในใบเตยหอมและตะไคร้ที่มีต่อกลิ่นถั่วในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีการใช้โปรตีนสกัดและน้ำมันจากถั่วเหลือง 41
3.6.1 คัดเลือกสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยหอมและตะไคร้ 41
3.6.2 เปรียบเทียบการยอมรับผลิตภัณฑ์และปฏิสัมพันธ์ของกลิ่นรสกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการใช้สารให้กลิ่นรสในใบเตยและตะไคร้ 41
3.7 การยืนยันปริมาณสารสกัดที่ให้กลิ่นรสในใบเตยหอม และตะไคร้ที่สามารถกลบกลิ่นถั่วด้วยวิธี head space solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS) 42
3.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ 43
3.9 สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล 43
4 ผลการทดลองและการวิจารณ์ 44
4.1 ผลของการศึกษาวิธีการสกัดกลิ่นรสจากใบเตยสด และตะไคร้สดด้วยน้ำ 44
4.2 ผลของการศึกษาวิธีการทำแห้งสารสกัดแบบพ่นกระจาย 45
4.3 ผลของการศึกษาขีดจำกัดต่ำสุด (threshold) ของสารสกัดที่ให้กลิ่นรสในใบเตยหอมและตะไคร้ที่สามารถกลบกลิ่นรสถั่ว 51
4.4 ผลการคัดเลือกสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยและตะไคร้ 52
4.5 ผลการเปรียบเทียบการยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสจากใบเตยและตะไคร้และปฏิสัมพันธ์ของกลิ่นรสกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการใช้สารให้กลิ่นรสจากใบเตยและตะไคร้ 55
4.6 ผลการยืนยันปริมาณสารสกัดที่ให้กลิ่นรสในใบเตยหอม และตะไคร้ที่สามารถกลบกลิ่นถั่ว (beany flavour) ด้วยวิธี headspace-solid phase microextraction - gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS) 58

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5 สรุปและข้อเสนอแนะ 67

5.1 บทสรุป 67

5.2 ข้อเสนอแนะ 68

รายการอ้างอิง 69

ภาคผนวก 81

ภาคผนวก ก 82

ภาคผนวก ข 93

ประวัติผู้เขียน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ปริมาณโปรตีนและราคาถั่วและเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ……...17

2.2 การประมาณการต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตไอศกรีมที่มีโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์ม……18

2.3 การประมาณการต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตไอศกรีมที่มีโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง และมาร์การีน……19

2.4 การประมาณต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตไอศกรีมที่มี skim milk powder และน้ำมันเนย……....20

2.5 คุณค่าอาหารตะไคร้ในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม……...……22

2.6 คุณค่าทางโภชนาการของใบเตยส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม……..24

4.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำใบเตยสดและน้ำตะไคร้สดจากการใช้ตัวอย่างสด 10 กรัม ต่อ 100 กรัม……...……..…47

4.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของใบเตยผง และตะไคร้ผงที่มีการใช้มอลโตเด็กตรินซ์ ที่ระดับร้อยละ 2……47

4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสวิธีการสกัดสารที่ให้กลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสด……..…48

4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสวิธีการสกัดสารที่ให้กลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สด…….....…48

4.5 ค่า Rank sum จากผลการทดลองทางประสาทสัมผัสน้ำใบเตยผงและตะไคร้ผง……..49

4.6 Friedman’ s Test: Simple Ranking Test……...49

4.7 Fisher’ s LSD for Rank sum ใบเตยผง……...50

4.8 Fisher’ s LSD for Rank sum ตะไคร้ผง……...50

4.9 ขีดจำกัดต่ำสุด (threshold) ของสารสกัดที่ให้กลิ่นรสในน้ำใบเตยสดและใบเตยผง น้ำตะไคร้สดและตะไคร้ผง ที่สามารถลดกลิ่น beany ได้……...…….……52

4.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรส ด้วยน้ำใบเตยสด……..……56

4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรส ด้วยใบเตยผง……..……..……56

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.12 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรส ด้วยน้ำตะไคร้สด……..……57

4.13 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรส ด้วยตะไคร้ผง……..……57

4.14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรส เปรียบเทียบกับไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสดและ ใบเตยผง……...…62

4.15 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรส เปรียบเทียบกับไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สดและ ตะไคร้ผง……...……...…62

4.16 % peak area ของสาร volatile compounds (สารประกอบหลักของกลิ่นรส beany) ในตัวอย่างที่ได้จากการหาขีดจำกัดต่ำสุด (threshold) และไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุง กลิ่นรสด้วยใบเตยผงและตะไคร้ผงที่ได้รับการยอมรับ ด้วยการทดสอบ ทางประสาทสัมผัส……63

4.17 % peak area ของสาร volatile compounds หลักที่พบในตัวอย่างที่มีการปรับปรุง กลิ่นรสด้วยใบเตยสด และใบเตยผง จากการหาขีดจำกัดต่ำสุด (threshold) และไอศกรีมถั่ว เหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผง ด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัส……....64

4.18 % peak area ของสาร volatile compounds หลักที่พบในตัวอย่างที่มีการปรับปรุง กลิ่นรสด้วยตะไคร้สด และตะไคร้ผง จากการหาขีดจำกัดต่ำสุด (threshold) และไอศกรีมที่มี การปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผงด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัส…….……...…....65

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของ Maltodextrin	26
2.2	โครงสร้าง 3 มิติ ของ Cyclodextrin	27
2.3	การดูดซับของสารตัวอย่างและการคายการดูดซับโดยความร้อนจากเครื่อง GC	29
2.4	องค์ประกอบของเครื่อง GC-MS	30
ก.1	Volatile compounds (สารประกอบของกลิ่นรส beany) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่อยู่ในตัวอย่างสารละลาย soy protein isolate	83
ก.2	Volatile compounds (สารประกอบของกลิ่นรส beany และสารหลักของกลิ่นในใบเตย) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่อยู่ในตัวอย่างสารละลาย soy protein isolate ที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสด	84
ก.3	Volatile compounds (สารประกอบของกลิ่นรส beany และสารหลักของกลิ่นใบเตย) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold ที่อยู่ในตัวอย่างสารละลาย soy protein isolate ที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยผง	85
ก.4	Volatile compounds (สารประกอบของกลิ่นรส beany และสารหลักของกลิ่นตะไคร้) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่อยู่ในตัวอย่างสารละลาย soy protein isolate ที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สด	86
ก.5	Volatile compounds (สารประกอบของกลิ่นรส beany และสารหลักของกลิ่นตะไคร้) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่อยู่ในตัวอย่างสารละลาย soy protein isolate ที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้ผง	87
ก.6	Volatile compounds (สารประกอบของกลิ่นรส beany) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่อยู่ในตัวอย่างไอศกรีมถั่วเหลืองที่ยังไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรส	88
ก.7	Volatile compounds (สารประกอบของกลิ่นรส beany และสารหลักของกลิ่นใบเตย) ขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่สามารถลดกลิ่น beany อยู่ในตัวอย่างไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสด	89

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ก.8 Volatile compounds (สารประกอบของกลิ่นรส beany และสารหลักของกลิ่นใบเตย) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่สามารถลดกลิ่น beany อยู่ในตัวอย่างไอศกรีม ถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยผง 90

ก.9 Volatile compounds (สารประกอบของกลิ่นรส beany และสารหลักของกลิ่นตะไคร้) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่สามารถลดกลิ่น beany อยู่ในตัวอย่างไอศกรีม ถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สด 91

ก.10 Volatile compounds (สารประกอบของกลิ่นรส beany และสารหลักของกลิ่นตะไคร้) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่สามารถลดกลิ่น beany อยู่ในตัวอย่างไอศกรีม ถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยตะไคร้ผงตัว 92

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

α	=	Alpha
AHA	=	American Heart Association
β	=	Beta
BCD	=	Beta-Cyclodextrin
CAR	=	Carbowax
CI	=	Chemical Ionization
$\chi 2$	=	Chi-Square Distribution
DBV	=	Divinylbenzene
DE	=	Dextrose Equivalence
ECD	=	Electron Capture Detector
EI	=	Electron Ionization
FID	=	Flame Ionization Detector
FDA	=	Food and Drug Administration of the United States
g	=	Gram
γ	=	Gramma
GC	=	Gas chromatography
HHST	=	High-Heat Short-Time
HS	=	Headspace
HTST	=	High-Temperature Short-Time
Kcal	=	Kilocalorie
MS	=	Mass spectrophotometer
μg	=	Microgram
Mg	=	Milligram
μm	=	Micromete
ND	=	Non Detectable
NMS	=	Not fat milk solid

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

PDMS	=	Polydimethysiloxane
SPC	=	Soy protein concentrate
SPI	=	Soy protein isolate
SPME	=	Solid phase microextraction
T	=	Test Statistic
TCD	=	Thermal Conductivity Detector

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ไอศกรีมถือเป็นผลิตภัณฑ์นมที่ผู้บริโภคทั่วไปนิยม เนื่องจากรสชาติที่หอมหวาน ให้ความสดชื่นและมีคุณค่าทางโภชนาการในแง่ของการเป็นแหล่งโปรตีนและพลังงาน ส่วนประกอบหลักของไอศกรีม ได้แก่ โปรตีนนม ไขมันเนย สารช่วยในการคงตัว (stabilizer) อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) และสารปรุงแต่งกลิ่นรส (flavouring agent) โดยปกติแล้วนมที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมพบว่ามี โปรตีน ไขมัน และน้ำตาลแลคโตสหรือน้ำตาลนมเป็นส่วนประกอบหลัก โปรตีนนมที่พบได้แก่ เคซีน (casein) และเวย์ (whey protein) ซึ่งคิดเป็นปริมาณร้อยละ 2.9-5.0 ส่วนไขมันนมจะอยู่ในรูปของไขมันอิ่มตัว (saturated) และไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated) โดยคิดเป็นปริมาณไขมันรวมเท่ากับร้อยละ 2.5-6.0 ทั้งนี้ไขมันประเภท saturated จะมีสัดส่วนมากกว่าไขมันประเภท unsaturated (Bylund, 1995) สำหรับน้ำตาลแลคโตสพบว่าในไอศกรีมมีปริมาณร้อยละ 4.8-5.1 (Marshall, Goff and Hartel, 2003)

น้ำตาลแลคโตสที่พบในน้ำนมนี้มีผลโดยตรงต่อคุณภาพของไอศกรีม ทั้งนี้น้ำตาลดังกล่าวจะก่อให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันไปตามปริมาณที่พบในส่วนประกอบ โดยถ้าปริมาณน้ำตาลแลคโตสมากจะทำให้ไอศกรีมที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่หยาบคล้ายเม็ดทราย (sandiness) ลักษณะดังกล่าวเกิดจากผลึกของน้ำตาลแลคโตสในไอศกรีม ซึ่งถือเป็นลักษณะเนื้อสัมผัสที่ทำให้คุณภาพของไอศกรีมด้อยลงและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้น้ำตาลแลคโตสยังก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบการย่อยของผู้บริโภคบางกลุ่มที่ขาดเอนไซม์แลคเตส ซึ่งทำให้เกิดอาการแพ้ที่เรียกว่า lactose intolerance โดยมีอาการท้องอืดเนื่องจากเกิดกรดและแก๊สในกระเพาะ แน่นท้อง เสียดท้อง ปวดท้อง เวียนศีรษะ (NIDDK, 2002) ทั้งนี้เนื่องมาจากสภาวะร่างกายไม่สามารถย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมได้ ทำให้จุลินทรีย์ในทางเดินอาหารดึงน้ำตาลแลคโตสไปใช้ทำให้ร่างกายเกิดอาการดังกล่าว อาการแพ้นมนอกจากเกิดจากน้ำตาลแลคโตสแล้ว โปรตีนในนมก็ถือเป็นแหล่งของสารที่ก่อให้เกิดอาการแพ้ที่เรียกว่า cow's protein allergy หรือ formula protein allergy (Groenewald, 1996; Dowshen, 2002) ด้วยเช่นกัน ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากกรรมพันธุ์ของมนุษย์หรือเนื่องจากการให้นมวัวแก่ทารกเร็วเกินไปขณะที่ระบบการย่อยยังไม่พร้อมจึงเกิดการแพ้โปรตีนในนมวัว ทำให้ผู้บริโภคกลุ่มนี้ปฏิเสธที่จะบริโภคนมและผลิตภัณฑ์จากนมรวมถึงไอศกรีมด้วย ด้วยเหตุนี้จึงมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเหมือนหรือคล้ายนมแต่ปราศจากน้ำตาลแลคโตส

และโปรตีนนม แต่ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนั้นมีราคาค่อนข้างสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากความจำเป็นในการใช้เทคโนโลยีที่สูงเพื่อสกัดและแยกน้ำตาลแลคโตสและโปรตีนออกจากนม ดังนั้นการใช้นมที่ปราศจากน้ำตาลแลคโตสและโปรตีนนมในการผลิตไอศกรีมจึงมีผลกระทบโดยตรงต่อราคาต้นทุนที่สูงขึ้น และอาจส่งผลต่อราคาของผลิตภัณฑ์ด้วย การนำนมถั่วเหลืองมาทดแทนนมจึงเป็นทางออกหนึ่งที่สามารถช่วยให้ต้นทุนในการผลิตไอศกรีมปราศจากน้ำตาลแลคโตสและโปรตีนนมมีราคาไม่สูงมากนัก ในขณะเดียวกันการใช้น้ำมันพืชทดแทนไขมันนม เช่น การใช้น้ำมันปาล์มและถั่วเหลืองในการผลิตไอศกรีมซึ่งถือเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เป็นห่วงสุขภาพในเรื่องของปริมาณไขมันอิ่มตัวและปริมาณคลอเลสเตอรอล ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจึงไม่เพียงตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่แพ้น้ำตาลแลคโตสเท่านั้น แต่ยังสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในกลุ่มที่เป็นห่วงสุขภาพและในกลุ่มที่บริโภคมังสวิรัติหรืออาหารเจอีกด้วย

ถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนสูงจึงนิยมใช้ในการเติมลงไปในอาหารเพื่อเสริมโปรตีนและปรับปรุงคุณภาพโปรตีนของอาหารอื่น โปรตีนถั่วเหลืองมีอยู่หลายรูปแบบ ได้แก่ โปรตีนผงจากถั่วเหลืองชนิดที่มีไขมัน (full-fat soy flour) มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 40 โปรตีนผงจากถั่วเหลืองชนิดที่สกัดไขมันออก (defatted soy flour) มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 50 โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (soy protein concentrate, SPC) มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 65-72 และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (soy protein isolate, SPI) มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 90-92 (soy protein council, 1987) นอกจากนี้คุณประโยชน์ของโปรตีนถั่วเหลืองยังสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ (Liu, 2000) โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน ภาวะโรคกระดูกพรุน เป็นต้น โปรตีนถั่วเหลืองยังมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่มีประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณลักษณะของอาหารหลายอย่างที่คล้ายคลึงกับโปรตีนนม อันได้แก่ การเพิ่มความหนืด การเกิดเจล การเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ความสามารถในการจับกับไขมัน ความสามารถในการจับกับสารให้กลิ่นรส (Kinsella, 1979) คุณสมบัติการละลาย ความสามารถในการจับกับน้ำ คุณสมบัติบนพื้นผิว และความสามารถในการเกิดโฟม เป็นต้น อย่างไรก็ตามการใช้ผลิตภัณฑ์โปรตีนและไขมันจากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนและไขมันนมนี้ อาจจะส่งผลให้คุณลักษณะและคุณภาพของไอศกรีมที่ได้แตกต่างออกไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในเรื่องของกลิ่นรส ทั้งนี้เนื่องมาจากผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองมักพบกลิ่นที่เรียกว่า beany หรือกลิ่นเฉพาะของถั่วเหลืองซึ่งเป็นกลิ่นที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ปฏิเสธและไม่ให้การยอมรับ

ในประเทศไทยมีผู้ผลิตไอศกรีมจากนมถั่วเหลืองหรือไอศกรีมน้ำเต้าหู้เพียงรายเดียวคือไอศกรีมตราถ้วยทองของบริษัทเอ็มมิกซ์ จำกัด (มติชนสุดสัปดาห์, 2547) อย่างไรก็ตามไอศกรีมน้ำเต้าหู้ดังกล่าวมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่หยาบ ไม่มีความนุ่มเนียน และยังคงมีเกล็ดน้ำแข็งที่สามารถรู้สึก

ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส นอกจากนี้กลิ่นรสของไอศกรีมดังกล่าวยังคงมีกลิ่นของถั่ว หรือ beany flavour (นักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, สัมภาษณ์, 2547) ซึ่งทำให้ผู้บริโภคที่ไม่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์อาหารจากถั่วเหลืองปฏิเสธผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้

คณะวิจัยของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิวัฒ ไทยอุดม สาขาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จึงคิดค้นผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ปราศจากน้ำตาลแลคโตสและโปรตีนนมโดยการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (soy protein isolate) ซึ่งถือเป็นแหล่งโปรตีนที่ทีคุณภาพสูงและมีปริมาณโปรตีนโปรตีนบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 90 และน้ำมันจากถั่วเหลืองในการผลิตไอศกรีมดังกล่าวเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสนุ่มเนียน แต่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ โดยงานวิจัยดังกล่าวได้สูตรเบื้องต้นที่เหมาะสม (ถนอมดวง แซ่ลิ, 2549) อย่างไรก็ตามสูตรดังกล่าวพบว่ายังคงมีกลิ่น beany ซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะของถั่วเหลืองเช่นเดียวกับที่พบในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำเต้าหู้ของบริษัทเอ็มมิกซ์ จำกัด

การศึกษากลิ่น beany ในถั่วเหลืองและในผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองพบว่า อาจมีสาเหตุมาจากองค์ประกอบในถั่วเหลืองอันได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และวิตามิน ซึ่งมักเกิดจากปฏิกิริยาทางชีวเคมีของไขมันไม่อิ่มตัวที่มีปริมาณมากอยู่แล้วในถั่วเหลือง โดยมีเอนไซม์ lipoxygenase เป็นตัวก่อให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าว (Mtebe and Gordon, 1987; Whitfield and Last, 1991; Kumar, Rani, Tindwani and Jain, 2003) และเกิดเป็นสารให้กลิ่นรสในกลุ่ม alcohols, aldehydes และ ketones ได้แก่ hexanal, 2-pentyl furan, 1-octen-3-ol, pentanal และ decanal, 2-heptanone (MacLeod and Ames, 1988; Rackis, Honig, Sessa and Steggerda, 1970; Sessa, 1979; Wolf, 1975) นอกจากนี้ยังมีสารจำพวก hexanol, ethyl vinyl ketone และ tran-2-nonenal รวมอยู่ด้วย (Wilkens and Lin, 1970; Sessa and Rackis, 1977; Cadwallader, 2004) Boatright และ Lei (1999) ศึกษาสารหลักที่ให้กลิ่นถั่วโดยใช้เทคนิค head space ของสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (soy protein isolate) โดยใช้วิธี gas chromatography/olfactometry (GCO) พบว่าสารที่ให้กลิ่นถั่วได้แก่ dimethyl trisulfide, trans,trans-2,4-decadienal, 2-pentyl pridine, trans,trans-2, 4-nonadienal และ acetophenone โดยองค์ประกอบเหล่านี้จะให้กลิ่นถั่วหรือกลิ่น beany ซึ่งสามารถพรรณนาเป็นกลิ่นต่าง ๆ ได้แก่ กลิ่นเหม็นเขียว (green), กลิ่นคล้ายหญ้า (grassy), กลิ่นเหม็นหืน (rancid), กลิ่นคล้ายสี (painty) และรสขม (bitter) เป็นต้น (Nelson, Steinbeg and Wei, 1976; Kobayashi, Tsuda, Hirata, Kubota and Kitamura, 1995; Torres-Penaranda, 2001)

การกำจัดกลิ่น beany นี้สามารถทำได้โดยกระบวนการทางเคมีด้วยการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของถั่วเหลือง Mtebe และคณะ (1987) ได้ศึกษากลไกการเกิดกลิ่น beany จาก linoleic acid จากปฏิกิริยาของ lipoxygenase โดยทดลองปรับค่า pH เท่ากับ 9 เปรียบเทียบกับค่า pH

ที่ 6.5 ผลที่ได้พบว่า กลิ่น beany ที่ pH เท่ากับ 9 มีค่ามากกว่าที่ pH เท่ากับ 6.5 ทั้งนี้เนื่องมาจากที่ pH สูง กิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase จะมีมากกว่าที่ pH ต่ำ

สำหรับการใช้กระบวนการแปรรูปเพื่อลดกลิ่น beany ของถั่วเหลืองพบในงานวิจัยของ Kato และคณะ (1981) โดยพบว่า การคั่วหรือให้ความร้อนแก่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ในระหว่างระยะเวลาในการคั่ว 10 ถึง 20 นาทีจะทำให้กลิ่นรส beany ถูกกลบด้วยกลิ่นหอมของการคั่ว โดยกลิ่นรสคั่วดังกล่าวได้แก่สารพวก alkylated pyrazines, oxygenated furans, oxygenated pyrroles และสารพวก phenols นอกจากนี้การใช้กระบวนการแปรรูปทางอาหารร่วมกับกระบวนการทางเคมี เช่น การแช่ถั่วเหลืองในน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรด (pH=3) ค้างคืนก่อนนำถั่วเหลืองดังกล่าวไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมงแล้วจึงปรับค่า pH ของถั่วเหลืองให้เท่ากับ 7 ก็ทำให้กลิ่นรส beany ของถั่วเหลืองลดลงเช่นกัน (Abdel-Aal, Youssef, Adel-Shehata and El-Mahdy, 1985)

ส่วนการกำจัดหรือกลบกลิ่น beany วิธีอื่นที่นิยมทำกันคือ การใส่สารให้กลิ่นรสอื่นลงไป เช่น การใช้สมุนไพรหรือสารให้กลิ่นรสที่มีกลิ่นรสแรงเพื่อกลบเกลื่อนกลิ่น beany

ตะไคร้ (lemongrass) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cymbopogon citrates* พบมากทางแถบเอเชีย นิยมใช้เป็นเครื่องเทศในอาหาร แต่งกลิ่นในอาหาร เช่น ขนมหวาน เครื่องดื่ม เป็นต้น เพราะมีสารระเหยให้กลิ่นหลายชนิด ได้แก่ neral, geranial limonene, citronellal, caryophyllene, 6-methyl hept-5-en-3-one, linalool และ beta-myrcene (Ashurst, 1999; Kasali, Oyedeji and Ashilokun, 2001; Schaneberg, 2002) อย่างไรก็ตาม citral ถือเป็นสารที่ให้กลิ่นรสในตะไคร้ ซึ่งจะมีปริมาณร้อยละ 65-80 citral เป็นสารผสมของอัลดีไฮด์ 2 ตัว คือ geranial และ neral

ใบเตยหอม (pandan leaf) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Pandanus amaryllifolius* เป็นพืชที่ชาวเอเชียนิยมใช้ปรุงแต่งกลิ่นอาหาร สารที่เป็นองค์ประกอบหลักของกลิ่นใบเตย คือ 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) (Laksanalamai and Ilangantilek, 1993) ซึ่งมีลักษณะกลิ่นคล้ายข้าวโพดคั่ว อันเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (Paule and Power, 1989)

อย่างไรก็ตามสารที่ให้กลิ่นรสของสมุนไพรทั้งสองมีปริมาณเพิ่มขึ้นได้ตามอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด พิชามญชุ์ สว่างสุข และ วรรณี จิรภาคย์กุล (2550) พบว่าการไฮโดรไลซ์สารระเหยที่ถูกยึดจับในตะไคร้สดให้กลายเป็นสารระเหยอิสระเพิ่มขึ้นด้วยกรด โดยใช้ pH 2.5 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง พบว่ามีปริมาณ citral (neral และgeranial) มากกว่าที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส ส่วนใบเตยหอมมีปริมาณของ 2AP เพิ่มขึ้นเมื่อให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-10 นาที (แววตา ชี้ทางดี และ สิริ ชัยเสรี, 2547)

การเกิดกลิ่นรสในไอศกรีมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในไอศกรีม ที่ประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน น้ำตาล เกลือแร่หรือแร่ธาตุ และกลิ่นรส เป็นต้น (Hatchwell, 1996) โดยโปรตีนมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ในการยึดจับกับส่วนประกอบอื่นๆ ของอาหาร เช่น น้ำ ไขมัน หรือสารให้กลิ่นรส ซึ่งถือเป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญต่อการยอมรับและการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากทำให้เกิดลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส กลิ่น และรสชาติของอาหาร เช่น ความหนืด การอุ้มน้ำ การเกิดเจล การเกิดฟอง และการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ส่วนไขมันมีบทบาทสำคัญในการกำหนดลักษณะทางกายภาพ เช่น กลิ่นรส (flavor) เนื้อสัมผัส (texture) และความรู้สึกในปาก (mouth feel) ดังนั้นถ้าหากต้องใช้ไขมันในปริมาณน้อย อาจทำให้ลักษณะทางกายภาพของอาหารไม่เป็นไปตามที่ต้องการ ไขมันหลายชนิดสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ได้ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงปรารถนา (off-flavors) สำหรับน้ำตาลซูโครสที่เป็นส่วนประกอบหนึ่งของไอศกรีมจัดเป็นคาร์โบไฮเดรต มีสมบัตินอกเหนือไปจากการให้ความหวานคือ ทำหน้าที่ให้กลิ่นรสแก่อาหาร (อัญชลินทร์ สิงห์คำ และ ทศพร นามโฮง, 2548) ได้แม้ว่าความหวานของอาหารอาจจะไม่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อนำซูโครสมาผสมกับเกลือแล้ว จะช่วยลดความเค็มได้ และสามารถป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชั่น จึงทำให้ไม่เกิดการสูญเสียสี กลิ่น รส ในอาหาร ทั้งนี้เพราะออกซิเจนสามารถละลายอยู่ในสารละลายซูโครสได้น้อยกว่าในน้ำ (อัญชลินทร์ สิงห์คำ และ ทศพร นามโฮง, 2548) ส่วนเกลือแร่นั้นมีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับกระบวนการแปรรูปอาหาร เช่น การเป็นสารให้กลิ่นรส และมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารมีส่วนในการเร่งหรือยับยั้งการทำงานของเอนไซม์รวมทั้งปฏิกิริยาอื่นๆ ที่เกิดขึ้นกับอาหาร เป็นต้น บางครั้งเกลือแร่จะมีผลทำให้คุณภาพ และลักษณะปรากฏของอาหารเสียไป หรือไม่เป็นที่ต้องการได้ การเกิดสารระเหยที่ให้กลิ่นรสในอาหารมีหลายแบบ ได้แก่ 1)กระบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพจะได้สารประกอบที่เกิดขึ้นโดยตรงจากขบวนการ biosynthesis สารที่ได้เรียก primary aroma 2)ปฏิกิริยาโดยตรงของเอนไซม์เป็นขบวนการที่ทำให้เกิดสารระเหยให้กลิ่นโดยปฏิกิริยาของเอนไซม์ต่อตัวเริ่มต้น 3)ปฏิกิริยาโดยอ้อมของเอนไซม์เป็นกระบวนการทำให้เกิดสารระเหย ได้แก่ สารพวกที่มีหมู่คาร์บอนิล และกรด เช่น สารระเหยในใบชา เป็นต้น โดยสารตั้งต้นจะถูกออกซิไดซ์ และตัวออกซิไดซ์นั้นจะเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ก่อน และ 4)ไพโรไลซิส (pyrolysis) เป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนแล้วทำให้เกิดสารระเหยขึ้น ได้แก่ สารพวกไพราซิน ในกาแฟและช็อกโกแลต หรือพวกฟิวรานในขนมปัง เป็นต้น (เกรียงศักดิ์ ไชยโรจน์, 2531) ดังนั้นการเกิดปฏิสัมพันธ์ของสารที่ให้กลิ่นรสในไอศกรีมเกิดขึ้นระหว่างสารที่เป็น volatile compounds ได้แก่ สารที่ให้กลิ่นรสกับ non-volatile compounds หรือ องค์ประกอบของอาหาร (food matrix) ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน (Hatchwell, 1996; Innocente, Marchesini and Biasutti, 2010) โดยส่วนที่เป็น hydrophobic และ hydrophilic จะจับกับ site ของ

โมเลกุลของสารระเหย (volatile molecules) ทำให้เกิดกลิ่นรสขึ้น (Nongonierma, Springett, Le Quere, Cayot and Voilley, 2005)

อย่างไรก็ตามผลปฏิสัมพันธ์ของสารให้กลิ่นรสที่ใส่ลงไปเพื่อกลบกลิ่นของไอศกรีมถั่วเหลืองนั้นอาจให้ผลต่อไป คือกลิ่นถั่วหายไปและ/หรือให้กลิ่นรสใหม่ที่เกิดจากการผสมกลิ่นของถั่วเหลืองและกลิ่นรสที่ใส่ลงไปได้ โดยปฏิสัมพันธ์ดังกล่าวนี้น่าจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

คณะวิจัยของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิวัฒ ไทยอุดม สาขาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (2550) ได้ทำการทดสอบเบื้องต้นวิธีการเตรียมตัวอย่างสมุนไพรไทย ได้แก่ ใบเตยหอม และตะไคร้เพื่อให้ยังคงกลิ่นของสมุนไพรแต่ละชนิดมากที่สุด ในการทดสอบใช้ใบเตยเป็นตัวอย่างซึ่งได้ทำการทดสอบวิธีการเตรียมตัวอย่าง 3 วิธี คือ 1) การทำแห้งด้วยการอบลมร้อนที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง 2) การทำแห้งด้วยวิธี การทำ freeze drying และ 3) การทำแห้งด้วยวิธีการ spray drying จากผลการทดสอบพบว่าวิธีการการทำแห้งที่ทำให้สมุนไพรยังคงกลิ่นเดิมคือวิธีการทำแห้งด้วย freeze drying และ spray drying สำหรับวิธีการทำแห้งด้วยการอบลมร้อนที่ 40 องศาเซลเซียส นั้น ตัวอย่างใบเตยแห้งที่ได้จะมีกลิ่นไหม้เกิดขึ้นด้วย ซึ่งเป็นกลิ่นที่ไม่ต้องการ ในขณะที่ตัวอย่างใบเตยแห้งที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธี freeze drying มาบดละเอียด จะพบว่าตัวอย่างเกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นและสี ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้น แต่สำหรับตัวอย่างใบเตยผงที่ได้จากการทำ spray drying ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีและกลิ่น ถึงแม้ว่าระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น ดังนั้นจึงได้เลือกใช้วิธี spray dryer สกัดกลิ่นจากสุมนไพรไทยซึ่ง ได้แก่ เตยหอม และตะไคร้หอม (ถนอมดวง แซ่ลิ, 2550)

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการปรับปรุงและการเกิดปฏิสัมพันธ์ของกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและน้ำมันถั่วเหลืองโดยวิธีการลดกลิ่น beany ด้วยสมุนไพรไทย โดยศึกษาสารสกัดที่ให้กลิ่นรสของตะไคร้ และใบเตยหอม 2 แบบ ได้แก่ น้ำสมุนไพรสดและแปรรูปให้อยู่ในรูปผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย โดยจะศึกษาเพื่อหาปริมาณสารสกัดที่ให้กลิ่นรสของใบเตยหอม และตะไคร้ ที่สามารถกลบกลิ่น beany ได้ และศึกษาผลของกลิ่นรสของใบเตยหอม และตะไคร้ ที่มีต่อกลิ่น beany ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและน้ำมันถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบ ในรูปแบบของกลิ่นรส (flavour profile) และปฏิสัมพันธ์ของกลิ่นรส

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านกลิ่นรสของสารสกัดในใบเตยหอม และตะไคร้ที่ได้มาจากวิธีการทำแห้งแบบพ่นกระจายและการสกัดด้วยน้ำ

1.2.2 เพื่อให้ทราบถึงปริมาณสารที่ให้กลิ่นรสของใบเตยหอม และตะไคร้ที่สามารถกลบกลิ่น beany ได้

1.2.3 เพื่อให้ทราบถึงผลของกลิ่นรสในใบเตยหอม และตะไคร้ ที่มีต่อกลิ่น beany ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและน้ำมันถั่วเหลือง ในรูปแบบของกลิ่นรส (flavour profile) และปฏิสัมพันธ์ของกลิ่นรสได้

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1.3.1 สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากใบเตยหอม และตะไคร้ ด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นกระจายหรือการสกัดด้วยน้ำให้สารสกัดที่มีความหอมหรือกลิ่นรสที่แตกต่างกัน

1.3.2 สารสกัดที่ให้กลิ่นรสในใบเตยหอม และตะไคร้ที่มีปริมาณแตกต่างกันสามารถกลบกลิ่น beany ได้ ในระดับที่แตกต่างกัน

1.3.3 สารสกัดที่ให้กลิ่นรสในใบเตยหอม และตะไคร้ สามารถกลบกลิ่น beany ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและน้ำมันถั่วเหลืองหรือเกิดปฏิสัมพันธ์กันระหว่างกลิ่น beany และสารสกัดที่ให้กลิ่นรสในใบเตยหอม และตะไคร้ได้

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

ขอบเขตงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของการนำสมุนไพรไทย 2 ชนิด ได้แก่ ตะไคร้สด และใบเตยหอม มาปรับปรุงกลิ่นรสของไอศกรีมที่มีโปรตีนสกัดและน้ำมันจากถั่วเหลือง โดยใช้การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเป็นตัวชี้วัด ดังต่อไปนี้

1.4.1 ศึกษาสารสกัดที่ให้กลิ่นรสของสมุนไพรไทย 2 แบบ ได้แก่ สารสกัดที่ได้จากการสกัดสดด้วยน้ำและสารสกัดที่ผ่านการแปรรูปให้อยู่ในรูปผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายซึ่งจะนำไปใช้ปรับปรุงกลิ่นรสในไอศกรีมถั่วเหลือง โดยทดสอบหาความแตกต่าง ใช้ผู้ประเมินผลทางประสาทสัมผัสในระดับปฏิบัติการ จำนวน 30 คน

1.4.2 ศึกษาปริมาณสารที่ให้กลิ่นรสของใบเตยหอม และตะไคร้ ที่สามารถกลบกลิ่น beany โดยใช้วิธีสกัดสารที่ให้กลิ่นรสจากข้อ 1.4.1 แล้วทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการหาขีดจำกัดต่ำสุด (threshold test) ที่กลิ่นรสจากใบเตยหอม และตะไคร้ สามารถกลบกลิ่นหรือลดกลิ่น beany ได้ โดยการทดสอบชิม ใช้ผู้ประเมินผลทางประสาทสัมผัสในระดับปฏิบัติการ

จำนวน 20 คน แล้วยืนยันปริมาณสารดังกล่าวที่สามารถกลบกลิ่น beany ด้วยวิธี headspace-solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrophotometer (HS-SPME-GC-MS)

1.4.3 ศึกษาผลของกลิ่นรสสมุนไพรและปฏิสัมพันธ์ของกลิ่นสมุนไพรกับกลิ่นรส beany ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วเหลือง โดยทำการเปรียบเทียบการยอมรับผลิตภัณฑ์และปฏิสัมพันธ์ของกลิ่นรสกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการใช้สารให้กลิ่นรสสมุนไพรไทย ด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ประเมินผลทางประสาทสัมผัสในระดับปฏิบัติการ จำนวน 50 คน แล้วทำการวิเคราะห์ปริมาณสารสกัดที่ได้จากใบเตยหอม และตะไคร้ เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมด้วย HS-SPME-GC-MS ตามลำดับ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถปรับปรุงคุณภาพกลิ่นรส beany ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีโปรตีนสกัดและน้ำมันจากถั่วเหลือง เพื่อให้เกิดการยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น

1.5.2 สามารถนำไปผลิตไอศกรีมสมุนไพรที่ไม่มีส่วนประกอบของนมให้แก่ฟาร์มมหาวิทยาลัยได้ อันก่อให้เกิดผลผลิตที่มีค่าในเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

1.5.3 ได้รับองค์ความรู้เกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ของกลิ่นถั่วเหลืองกับสมุนไพรไทยที่สำคัญในศาสตร์ของวิชาการทางกลิ่นรส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไอศกรีม

ไอศกรีม หมายถึง ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งที่ประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ เช่น อากาศ น้ำ ไขมันนม ส่วนประกอบของของแข็งในนมที่ไม่ใช่ไขมัน (non fat milk solid; NMS) สารให้ความหวาน (sweetener) สารให้ความคงตัว (stabilizers) อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifiers) และสารให้กลิ่นรส (flavoring) ส่วนส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม (ice cream mix) หมายถึง ส่วนผสมทั้งหมดของไอศกรีมยกเว้นอากาศและสารให้กลิ่นรสที่ยังไม่ผ่านการแช่เยือกแข็ง (Marshall, Goff and Hartel, 2003)

2.1.1 ส่วนประกอบของไอศกรีมและคุณสมบัติหน้าที่

ก. ไขมัน (fat)

ไขมันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในไอศกรีม เป็นตัวที่ทำให้เกิดเนื้อสัมผัสของไอศกรีม การใช้ไขมันในปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยให้ส่วนผสมมีความสมดุลได้ไอศกรีมที่มีรสชาติดี การใช้ไขมันในปริมาณที่เหมาะสม ไม่เพียงแต่จะเป็นการสมดุลสูตรของส่วนผสมในไอศกรีมเท่านั้นแต่ยังเกี่ยวข้องกับมาตรฐานที่กฎหมายกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ปี พ.ศ. 2544 กำหนดไว้ว่าไอศกรีมดัดแปลงต้องมีไขมันทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนัก นอกจากนี้ไขมันยังไม่มีผลในการลดจุดเยือกแข็ง แต่การใช้ไขมันในปริมาณมากขึ้นทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็กลง เนื่องจากปริมาณไขมันที่มากขึ้นทำให้ปริมาณน้ำในสูตรลดลง ผลึกน้ำแข็งจึงมีขนาดเล็กลง ไขมันนมจัดเป็นแหล่งไขมันหลักที่ใช้ในการผลิตไอศกรีม เช่น นมสด ครีม เนย น้ำมันเนย หางนมผง และนมระเหยต่างๆ (Marshall and Arbuckle 1996) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มลักษณะเนื้อสัมผัสให้มีความเนียน เนื่องจากไขมันช่วยทำให้เกิดฟองอากาศในโครงสร้างของไอศกรีม

ข. ส่วนของของแข็งในนมที่ไม่ใช่ไขมัน

ส่วนของของแข็งในนมที่ไม่ใช่ไขมัน ประกอบด้วยน้ำตาลแลคโตส เคซีน เวย์โปรตีน วิตามิน เกลือแร่ กรด เอนไซม์ ซึ่งจะช่วยเพิ่มเนื้อ (body) และเนื้อสัมผัส (texture) เพิ่มค่าการขึ้นโฟมให้กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนนมส่วนที่ไม่ใช่ไขมันมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ มีความสามารถในการขึ้นโฟม (whipping ability) และความสามารถในการจับตัวกับน้ำได้ดี (water holding capacity) (Marshall, Goff and Hartel, 2003) นอกจากนี้ยังพบว่าโปรตีนนม

ช่วยให้ฟองอากาศในโครงสร้างไอศกรีมคงสภาพได้ดี ซึ่งฟองอากาศเป็นส่วนสำคัญและมีผลต่อความคงตัวของโครงสร้างไอศกรีม (Schockker, Bos, Kuijpers, Wijnen, and Walstra, 2002; Segall and Goff, 2002; Rodriguez Nino, Carrera Sanchez, Ruiz-Henestrosa, and Rodriguez Patino, 2005)

ค. สารให้ความหวาน

สารให้ความหวานมักนิยมใช้น้ำตาลซูโครสเพราะมีราคาถูก และสารให้ความหวานอีกหลายชนิด เช่น แลคโตส คอนไซรัป มอลโตเด็กตรินซ์ สำหรับน้ำตาลซูโครสที่เป็นส่วนประกอบหนึ่งของไอศกรีมจัดเป็นคาร์โบไฮเดรต มีสมบัตินอกเหนือไปจากการให้ความหวาน คือ ทำหน้าที่ให้กลิ่นรสแก่อาหารได้ (อัญชลินทร์ สิงห์คำ และ ทศพร นามโฮง, 2548) แม้ว่าความหวานของอาหารอาจจะไม่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อนำซูโครสมาผสมกับเกลือแล้ว จะช่วยลดความเค็มได้ และสามารถป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชั่น จึงทำให้ไม่เกิดการสูญเสียสี กลิ่น รส ในอาหาร ทั้งนี้เพราะออกซิเจนสามารถละลายอยู่ในสารละลายซูโครสได้น้อยกว่าในน้ำ (อัญชลินทร์ สิงห์คำ และ ทศพร นามโฮง, 2548) น้ำหนักโมเลกุลของสารให้ความหวานที่ใช้มีผลต่อจุดเยือกแข็งของไอศกรีมเป็นอย่างมาก สารให้ความหวานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะทำให้จุดเยือกแข็งของไอศกรีมลดลงได้มากกว่าสารให้ความหวานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ดังนั้นการเลือกใช้สารให้ความหวานต่างชนิดกันในไอศกรีม อาจทำให้ไอศกรีมที่ได้มีคุณลักษณะต่างกัน โดยปกตินิยมใช้น้ำตาลซูโครสร่วมกับกลูโคสไซรัปในการผลิตไอศกรีม เนื่องจากน้ำตาลซูโครสนั้นเป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ดี หาง่าย มีความหวานสูง และมีผลต่อการลดลงของจุดเยือกแข็ง (freezing point) ของไอศกรีม ส่งผลให้ไอศกรีมมีจุดเยือกแข็งค่อนข้างต่ำ แต่มีราคาสูง จึงนิยมใช้ร่วมกับกลูโคสไซรัปด้วยเพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต (Marshall and Arbuckle 1996) แต่ในประเทศไทยน้ำตาลซูโครสจะมีราคาถูกกว่ากลูโคสไซรัป สำหรับกลูโคสไซรัปนั้นจะช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดในสูตรโดยไม่เพิ่มความหวาน ปรับปรุงให้มีเนื้อสัมผัสดีขึ้น ช่วยปรับปรุงลักษณะการแข็งตัว ช่วยให้ไอศกรีมมีการหลอมละลายที่ดีทำให้ไอศกรีมไม่ละลายเร็วเกินไป และการใช้กลูโคสไซรัปแทนที่น้ำตาลซูโครสนั้น มักใช้น้ำตาลซูโครสร้อยละ 70-75 ร่วมกับกลูโคสไซรัปร้อยละ 25-30 (สมลักษณ์ เนาวรัตน์พนมมาศ, 2538) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความหนืดและปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม

ง. สารเพิ่มความคงตัว

สารเพิ่มความคงตัวโดย ทั่วไปมีวัตถุประสงค์เติมลงไปในส่วนผสมของไอศกรีมเพื่อช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส และปรับปรุงความคงตัวของไอศกรีมระหว่างการเก็บรักษา โดยชะลอการเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่ จากรายงานพบว่าไอศกรีมที่มีการเติมสารให้ความคงตัวมีขนาดของผลึกน้ำแข็งที่เล็กกว่าไอศกรีมที่ไม่ได้เติมสารให้ความคงตัวเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มมากขึ้น (Hagiwara and Hartel, 1996; Miller-Livney and Hartel, 1997) ปริมาณและชนิดของสารให้ความคงตัวที่ใช้ใน

ส่วนผสมของไอศกรีมนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณและประเภทของส่วนผสมในสูตร ระยะเวลา อุณหภูมิและความดันที่ใช้ในกระบวนการผลิต อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์ สารเพิ่มความคงตัวที่นิยมใช้ในไอศกรีม เช่น โลกัสบีนกัม กัวกัม โซเดียมอัลจิเนต คาราจีแนน และโซเดียมคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส เป็นต้น (Marshall, Goff and Hartel, 2003) แต่ถ้ามีการใช้สารเพิ่มความคงตัวในปริมาณมากจะส่งผลให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่แน่นเกินไปและละลายยาก ซึ่งโดยทั่วไปนั้นปริมาณสารให้ความคงตัวที่ใช้จะอยู่ในช่วงร้อยละ 0.25-0.1 โดยน้ำหนัก ขึ้นกับชนิดของสารให้ความคงตัวที่ใช้

จ. สารอิมัลซิไฟเออร์

สารอิมัลซิไฟเออร์ โดยทั่วไปมีวัตถุประสงค์ที่เติมลงไปเพื่อทำให้เกิดอิมัลชันสามารถทำให้น้ำและน้ำมัน หรือไขมันรวมตัวกันเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งโดยปกติสารที่มีขั้วกับไม่มีขั้วเมื่อเวลาอยู่รวมกัน มักจะไม่รวมตัวกัน และเกิดการแยกชั้น แต่ถ้ามีอิมัลซิไฟเออร์จะทำให้สารที่ไม่มีขั้วกับมีขั้วสามารถรวมตัวกันได้ ซึ่งอิมัลซิไฟเออร์จะช่วยทำให้ระบบอิมัลชั่นมีความคงตัวโดยลดแรงตึงผิวระหว่างพื้นผิวสองเฟสหรือส่งเสริมการกระจายตัวของอนุภาคเม็ดน้ำมันในเฟสต่อเนื่องได้อย่างสม่ำเสมอ เพิ่มความยืดหยุ่นแก่พื้นผิว เพิ่มแรงผลักเนื่องจาก electric double layer และยังเพิ่มความหนืดแก่พื้นผิวอีกด้วย สำหรับบทบาทหน้าที่ของอิมัลซิไฟเออร์ในไอศกรีมจะช่วยปรับปรุงเนื้อให้กับไอศกรีม ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อที่เนียน ฟู ละลายช้าลง และไม่แยกชั้น ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาไอศกรีม (อัญชลินทร์ สิงห์คำ และ ทศพร นามโฮง, 2548)

ฉ. สารแต่งกลิ่นรสและสี

สารปรุงแต่งกลิ่นรสสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทด้วยกัน เช่น สารให้กลิ่นรสที่ละลายในน้ำ (water soluble flavours) และสารให้กลิ่นรสที่ละลายในไขมัน (fat soluble flavours) ซึ่งสารให้กลิ่นรสที่ละลายในน้ำจะสลายตัวได้เร็วเมื่อรับประทาน แต่สารให้กลิ่นรสที่ละลายในไขมันจะสลายตัวได้ช้ากว่า สารปรุงแต่งสีของผลิตภัณฑ์มีผลต่อความรู้สึกและการยอมรับของผู้บริโภค การใช้สีผสมอาหาร เพื่อแต่งสีให้อาหารมีลักษณะคล้ายธรรมชาติ หรือเพื่อให้มีสีสม่ำเสมอ และอาจใช้เพื่อจำแนกกลิ่นรสของอาหารก็ได้ สีที่ใช้ผสมอาหารมี 2 จำพวก ได้แก่ 1) สีธรรมชาติ (natural colors) เช่นจากใบเตย กระเจี๊ยบ ใบย่านาง ดอกอัญชัน ลูกตาล เป็นต้น และ 2) สีสังเคราะห์ (synthetic colors) ซึ่งสร้างจากสารเคมีต่าง ๆ ซึ่งสีสังเคราะห์มีความคงตัวดีกว่าสีธรรมชาติ แต่ต้องใช้เฉพาะชนิดที่อนุญาตให้ใช้และปริมาณที่กำหนดเท่านั้น (อัญชลินทร์ สิงห์คำ และ ทศพร นามโฮง, 2548)

2.1.2 กระบวนการผลิตไอศกรีม (ถนอมดวง แซ่ลิ, 2549)

ก. การผสมส่วนผสม (mixing)

การผสมส่วนผสมส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของของเหลว และของแห้ง ส่วนการผสมจะมีทั้งใช้การผสมแบบร้อนหรือเย็น ส่วนผสมจะผสมของเหลวก่อน เช่น น้ำ นม ครีม และไขมันเหลว แล้วตามด้วยส่วนผสมที่เป็นของแห้ง เช่น น้ำตาล สารให้ความคงตัว และนมผง แต่เนื่องจากการเติมสารให้ความคงตัวซึ่งมีความสามารถในการละลายต่ำควรทำการผสมในน้ำตาลและเติมลงไปอย่างช้า ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงการไม่กระจายตัว ทำให้เกิดตะกอนที่ละลายไม่สมบูรณ์ และปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ การมีอากาศเข้าไปในส่วนผสมก่อให้เกิดปัญหาระหว่างกระบวนการพาสเจอไรเซชัน (pasteurization) โฮโมจีไนเซชัน (homogenization) และการบ่มส่วนผสม (aging) โดยอาจเกิดการไหม้ที่ก้นภาชนะ หรือเกิดการแยกชั้นของส่วนผสม

ข. การพาสเจอไรเซชัน

การพาสเจอไรเซชันส่วนผสมไอศกรีมมีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค การพาสเจอไรซ์ที่เหมาะสมนั้นควรให้ความร้อนถึงอุณหภูมิที่กำหนดอย่างรวดเร็ว และคงที่ ณ อุณหภูมินั้นตามเวลาที่กำหนด แล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส โดยเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการพาสเจอไรเซชันส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมทำได้หลายวิธี คือ 1) แบบ bacth โดยใช้อุณหภูมิ 69 องศาเซลเซียส (155 องศาฟาเรนไฮต์) นาน 30 นาที 2) แบบ high-temperature short-time (HTST) ซึ่งวิธีนี้ให้ความร้อนสูงเวลาสั้น โดยให้อุณหภูมิสูงถึง 80 องศาเซลเซียส (175 องศาฟาเรนไฮต์) นาน 15-20 วินาที 3) แบบ high-heat short-time (HHST) โดยให้อุณหภูมิสูงถึง 90 องศาเซลเซียส (194 องศาฟาเรนไฮต์) นาน 1-3 วินาที และ 4) ultra-high temperature (UHT) โดยให้อุณหภูมิมากกว่า 138 องศาเซลเซียส (280 องศาฟาเรนไฮต์) นานน้อยกว่า 2 วินาที (Marshall, Goff and Hartel, 2003)

ความร้อนในการพาสเจอไรซ์จะช่วยให้อิมัลซิไฟเออร์และสารให้ความคงตัวสามารถละลายได้และสามารถทำหน้าที่ลดแรงตึงผิวที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำและน้ำมันในส่วนผสม ทำให้เกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเป็นครีมเพิ่มขึ้น

ค. การโฮโมจิไนเซชัน

การโฮโมจีไนเซชัน เป็นขั้นตอนที่ทำให้เม็ดไขมันแตกตัวเป็นเม็ดขนาดเล็กลง โดยเม็ดไขมันมีขนาดประมาณ 1-2 ไมครอน ซึ่งจะป้องกันการแยกชั้นของครีม ช่วยให้ไอศกรีมมีเนื้อนุ่ม และช่วยเพิ่มอัตราการขึ้นโฟม (overrun) ในขณะปั่นส่วนผสม เป็นไปได้โดยง่าย รวดเร็ว ใช้เวลาบ่มส่วนผสมไม่นานนัก และช่วยยับยั้งการโตของผลึกน้ำแข็งระหว่างการเก็บ (Ruger, Bear and Kasperson, 2002) นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณสารให้ความคงตัวที่ใช้ให้น้อยลง การเพิ่ม

ปริมาณไขมันมีผลทำให้ประสิทธิภาพการโฮโมจีไนเซชันลดลง และทำให้เม็ดไขมันมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยทั่วไปการโฮโมจีไนเซชันแบ่งออกเป็น 2 ระดับความดัน โดยที่ระดับความดันแรกจะใช้ความดันสูง (150 ความดันบรรยากาศ) พบว่าอนุภาคเม็ดไขมันจะแตกเป็นเม็ดขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ไมโครเมตร) เกิดเป็นระบบอิมัลชั่น ส่วนระดับความดันที่สองจะใช้ความดันต่ำ (35 ความดันบรรยากาศ) เพื่อลดการเกาะกลุ่มกัน (flocculation) ของอนุภาคเม็ดไขมันที่มีขนาดเล็กที่ผ่านออกมาจากการให้ความดันที่ระดับแรกแล้ว (Clarke, 2004) การใช้ระดับความดันสองความดันมีข้อดีคือ ช่วยให้ไขมันกระจายตัวได้ดี เพราะการเกาะตัวของไขมันมีผลทำให้ความหนืดของส่วนผสมสูงขึ้น ซึ่งอาจมีผลทำให้ส่วนผสมเย็นช้าลง และทำให้การปั๊มของเครื่องโฮโมจีไนซ์เป็นไปได้ยาก เนื่องจากไอศกรีมมิกซ์ที่มีปริมาณไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่าร้อยละ 6-10 หรือมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่สูง ความร้อนจากการพาสเจอไรเซชันจะทำให้ไขมันและโปรตีนเกิดการรวมตัวกัน ดังนั้นจึงต้องมีการโฮโมจีไนเซชันหลังจากการพาสเจอไรเซชัน (Bylund, 1995)

ง. การบ่มส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม

การบ่มเป็นกรรมวิธีการเก็บรักษาอิมัลชันที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 2-4 องศาเซลเซียส หลังจากการพาสเจอไรเซชันและโฮโมจีไนเซชัน ช่วงเวลาในการบ่มไอศกรีมขึ้นอยู่กับสารให้ความคงตัวและอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ การบ่มต้องใช้ระยะเวลา 4-24 ชั่วโมง เพื่อทำให้ไขมันละลายจับตัวเป็นของแข็ง เกิดการดูดซับของโปรตีนและอิมัลซิไฟเออร์ล้อมรอบที่ผิวเม็ดไขมัน รวมทั้งเกิดการอุ้มน้ำของโปรตีนและสารให้ความคงตัว การบ่มส่งผลให้ความหนืดของส่วนผสมเพิ่มขึ้น ต้านทานการละลาย และมีความคงตัวเมื่อเก็บรักษา

จ. การปั่นไอศกรีม (freezing)

กระบวนการผลิตไอศกรีมขั้นตอนการปั่นไอศกรีมถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะส่งผลถึงคุณภาพและความอร่อยของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ในขั้นตอนการปั่นไอศกรีมนี้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของไอศกรีมพบว่ามีการเติมอากาศเป็นการเพิ่มปริมาตรของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมสามารถบ่งบอกปริมาณอากาศที่บรรจุอยู่ในโครงสร้างของไอศกรีมได้ด้วยอัตราการขึ้นโฟม การปั่นจะเกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นผลึกน้ำแข็ง (Andreasen and Nielsen, 1998) ถ้าอัตราการทำให้แข็งตัวเร็วจะทำให้ผลึกน้ำแข็งที่ได้มีขนาดเล็กซึ่งจะส่งผลดีต่อคุณภาพของไอศกรีม นอกจากนี้ในการปั่นจะเกิดการสูญเสียความคงตัวของอนุภาคเม็ดไขมัน (fat destabilization) แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในระหว่างการปั่นเป็นสาเหตุให้อนุภาคเม็ดไขมันเกิดการชนกันและรวมตัวกันบางส่วน (partial coalescence) ลักษณะดังกล่าวจะส่งผลดีต่อคุณภาพของไอศกรีม และทำให้โครงสร้างไอศกรีมมีความคงตัวมากขึ้น (Clarke, 2004)

ฉ. การแช่แข็ง (hardening)

หลังจากขั้นตอนการปั่นแล้วไอศกรีมที่ได้จะมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว การแช่แข็งไอศกรีมจึงเป็นขั้นตอนที่จำเป็น การแช่แข็งควรทำอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ ทำให้ได้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน เวลาที่ใช้ในการแช่แข็งโดยทั่วไปจะใช้เวลาที่ทำให้อุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางของไอศกรีมในภาชนะบรรจุลดลงเหลือ -18 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า นิยมทำที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส ถึง -45 องศาเซลเซียส

ช. การเก็บรักษาไอศกรีม (storage)

ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ได้ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิคงที่เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ เนื่องจากอุณหภูมิที่ไม่คงที่จะเกิดการเคลื่อนที่และการรวมตัวของน้ำ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโดยทั่วไปใช้อุณหภูมิประมาณ -20 ถึง -30 องศาเซลเซียส (Marshall, Goff and Hartel, 2003)

2.2 ความรู้เรื่องถั่วเหลือง

2.2.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์

ถั่วเหลืองมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine Max (L) Merrill.* มีแหล่งกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออก (Renkema, 2001) เป็นพืชล้มลุก ทรงต้นเป็นพุ่ม เปลือกหุ้มเมล็ดมีทั้งสีเหลือง เขียว น้ำตาล และดำ ในเขตอบอุ่นปลูกถั่วเหลืองได้ปีละครั้งในฤดูร้อน แต่ในเขตร้อนเช่นประเทศไทยมีอุณหภูมิตลอดทั้งปีไม่แตกต่างกันมากนัก สามารถปลูกถั่วเหลืองได้ปีละสามครั้ง คือปลูกในช่วงต้นฤดูฝนและกลางฤดูฝนบนที่ดอน และครั้งที่สามในนาที่มีระบบชลประทานหลังจากการเก็บเกี่ยวข้าว ดังนั้นเกษตรกรนิยมปลูกถั่วเหลืองร่วมหรือสลับกับพืชไร่อื่น ๆ ในปัจจุบันอเมริกาเป็นผู้ผลิตถั่วเหลืองรายใหญ่ที่สุดในโลก โดยมีผลผลิตกว่าร้อยละ 60 ของตลาดโลก (คมสันต์ หุตะแพทย์ และ วารี ยินดีชาติ, 2542) และประเทศไทยเป็นผู้ผลิตอันดับที่ 10 รองจากประเทศสหรัฐอเมริกา บราซิล อาร์เจนตินา จีน อินเดีย ปารากวัย แคนาดา อินโดนีเซีย และอิตาลี โดยแหล่งผลิตถั่วเหลืองในประเทศไทยมีเกือบทุกภาคของประเทศ จากการพยากรณ์โดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรในปี 2544/45 พบว่าภาคเหนือมีพื้นที่การปลูกถั่วเหลืองมากที่สุด คือ 1,030,549 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 69.66 รองลงมา ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกและภาคอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 17.31, 11.73 และ 1.3 ตามลำดับและในปี 2549 มีปริมาณการผลิต 2.4 แสนตัน (กรมวิชาการเกษตร, 2549)

2.2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง (chemical composition)

ส่วนประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองโดยเฉลี่ย ได้แก่ โปรตีนประมาณร้อยละ 40 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 35 ไขมันร้อยละ 20 และเถ้าร้อยละ 5 โดยน้ำหนักแห้ง (Macrae, Robinson, and Sadler, 1993) ทั้งนี้ผันแปรตามปัจจัยต่างๆ เช่น สายพันธ์ สภาวะแวดล้อม ฤดูกาล และสภาพภูมิประเทศ เป็นต้น (Liu, 1997) ถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนสูงและมีราคาถูกเมื่อเทียบกับโปรตีนถั่วจากถั่วชนิดอื่นๆ และเนื้อสัตว์ ถั่วเหลืองจึงเป็นแหล่งโปรตีนสำหรับบุคคลที่ไม่บริโภคเนื้อสัตว์ โปรตีนในถั่วเหลืองจัดเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียง กับโปรตีนจากสัตว์ ปัจจุบันพบว่าการบริโภคถั่วเหลืองในปริมาณที่สูงพอ ร่างกายจะได้รับโปรตีนเพียงพอกับความต้องการได้ และยังประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด ได้แก่ วาลีน (valine) ไอโซลิวซีน (isoleucine) ลิวซีน (leucine) ทรีโอนีน (threonine) ทริปโตแฟน (typtophan) ฟีนิวลายอะลานีน (phenylalanine) และ ฮีสติดีน (histidine)

โปรตีนถั่วเหลืองสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ อัลบูมิล (albumin) ร้อยละ 10 ซึ่งสามารถสกัดได้ด้วยน้ำเปล่า และโกลบูลิน (globulin) ร้อยละ 90 ซึ่งสามารถสกัดออกได้ด้วยสารละลายเกลือเจือจาง ส่วนของโกลบูลิน ประกอบด้วยโปรตีน 4 กลุ่มย่อย (fraction) คือ 2S (ร้อยละ 15), 75 (ร้อยละ 34), 11S (ร้อยละ 41.9) และ 15S (ร้อยละ 9.1)

2.2.3 ประโยชน์ของโปรตีนถั่วเหลืองต่อสุขภาพ

ถั่วเหลืองเรียกได้ว่าเป็น "functional foods" ซึ่งหมายถึงอาหารที่ให้ประโยชน์ไม่เพียงเฉพาะสารอาหารที่จำเป็นเท่านั้น แต่ยังเป็นประโยชน์อย่างมากต่อร่างกาย ดังจะเห็นได้จากที่คณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Administration of the United States; FDA) ได้ออกมายืนยันและกล่าวถึงประโยชน์ของโปรตีนถั่วเหลืองต่อสุขภาพ เมื่อวันที่ 26 ตุลาคม ค.ศ. 1999 ว่าเมื่อบริโภคโปรตีนถั่วเหลือง 25 กรัมต่อวัน สามารถช่วยป้องกันโรคหัวใจได้ สมาคมหัวใจแห่งอเมริกา (American Heart Association-AHA) ก็ได้กล่าวถึงการบริโภคโปรตีนถั่วเหลือง 25 ถึง 50 กรัมทุกวัน นั้นเป็นสิ่งที่ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพในการลดโคเลสเตอรอล และในปัจจุบันมีการศึกษาและวิจัยค่อนข้างมากเกี่ยวกับสารในโปรตีนถั่วเหลือง พบว่ามีสารที่มีฤทธิ์ต่อต้านสารก่อมะเร็ง ได้แก่ ไอโซฟลาโวนส์ (isoflavones) ซาพอนิน (saponin) ไฟเตท (phytate) สารยับยั้งเอนไซม์โปรติเอส (protease inhibitor) และไฟโตสเตอรอล (phytosterols) (Messina and Bames, 1991)

นอกจากความสามารถในการต้านมะเร็งและยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งชนิดต่างๆ แล้ว การบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารจากโปรตีนถั่วเหลืองยังสามารถช่วยป้องกันและลดความ

เสี่ยงต่อการเกิดโรคหลายชนิด เช่น โรคหัวใจ โรคเบาหวาน ภาวะโรคกระดูกพรุนในหญิงก่อนและหลังหมดประจำเดือน (Fabian, Peter, Dimitra, Berry and Helena, 2003)

2.2.4 การใช้โปรตีนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์อาหาร

ถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนสูงและมีราคาถูกเมื่อเทียบกับโปรตีนจากถั่วชนิดอื่นๆ และเนื้อสัตว์ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 จึงนิยมใช้ในการเติมลงไปในอาหารเพื่อเสริมโปรตีนและปรับปรุงคุณภาพโปรตีนของอาหารอื่น ถนอมดวง แซ่ลิ (2549) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมดัดแปลงจากโปรตีนถั่วเหลืองและไขมันพืช ได้ประมาณการต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ไอศกรีมทั้งสามสูตร คือ ไอศกรีมที่มีการใช้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองร่วมกับน้ำมันปาล์ม ไอศกรีมที่มีการใช้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองร่วมกับมาร์การีน และไอศกรีมสูตรทางการค้าที่มีการใช้ skim milk powder ร่วมกับน้ำมันเนย เท่ากับ 33.62, 35.00 และ 63.28 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นว่าต้นทุนรวมในการผลิตไอศกรีมที่มีการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดทั้งสองสูตร มีราคาถูกกว่าไอศกรีมสูตรทางการค้าเกือบสองเท่าตัว (ดังตารางที่ 2.2, 2.3 และ 2.4)

โปรตีนถั่วเหลืองมีอยู่หลายรูปแบบ ได้แก่ โปรตีนผงจากถั่วเหลืองชนิดที่มีไขมัน (full-fat soy flour) มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 40 โปรตีนผงจากถั่วเหลืองชนิดที่สกัดไขมันออก (defatted soy flour) มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 50 โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (soy protein concentrate, SPC) มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 65-72 และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (soy protein isolate, SPI) มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 90-92 (soy protein council, 1987) โปรตีนถั่วเหลืองยังมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ ที่มีประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณลักษณะของอาหารหลายอย่างที่คล้ายคลึงกับโปรตีนนม อันได้แก่ การเพิ่มความหนืด (viscosity) จากการศึกษาของ Friedeck และคณะ (2003) ที่ศึกษาถึงคุณสมบัติทางเคมีและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมไขมันต่ำจากโปรตีนถั่วเหลือง พบว่าปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เติมลงในผลิตภัณฑ์จะไปเพิ่มความหนืด กลิ่น และความเข้มของสี ลักษณะการเคลือบปากและลิ้น เพิ่มขึ้นตามปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นแต่ความหวานและกลิ่นรสของนมจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลือง นอกจากโปรตีนถั่วเหลืองจะช่วยในเรื่องความหนืดแล้วยังช่วยในการการเกิดเจล (gelation) การเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsification) ความสามารถในการจับกับไขมัน (fat absorption) ความสามารถในการจับกับสารให้กลิ่นรส (flavor-biding) (Kinsella, 1979) คุณสมบัติการละลาย ความสามารถในการจับกับน้ำ คุณสมบัติบนพื้นผิว (surface properties) และความสามารถในการเกิดโฟม (foaming ability) เป็นต้น คุณสมบัติเหล่านี้ส่งผลโดยตรงต่อโครงสร้างและลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารได้ ดังนั้นการนำโปรตีนถั่วเหลืองมาทดแทนโปรตีนนมในการผลิตผลิตภัณฑ์ (dairy analogs products) เช่น ไอศกรีม จึงน่าจะมีความเป็นไปได้

2.2.5 กลิ่นถั่ว (beany flavour)

กลิ่นถั่ว หรือ beany flavour เป็นกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากถั่วเหลือง การศึกษากลิ่น beany ในถั่วเหลืองและในผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองพบว่า อาจมีสาเหตุมาจากองค์ประกอบในถั่วเหลืองอันได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และวิตามิน ซึ่งมักเกิดจากปฏิกิริยาทางชีวเคมีของไขมันไม่อิ่มตัวที่มีปริมาณมากอยู่แล้วในถั่วเหลือง โดยมีเอนไซม์ lipoxygenase เป็นตัวก่อให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าว (Mtebe and Gordon, 1987; Whitfield and Last, 1991; Kumar, Rani, Tindwani and Jain, 2003) และเกิดเป็นสารให้กลิ่นรสในกลุ่ม alcohols, aldehydes และ ketones ซึ่งสารให้กลิ่นรสที่ได้จากปฏิกิริยาดังกล่าวได้แก่ 6-methyl-5-hepten-2-one hexanal, 2-pentyl furan, 1-octen-3-ol, pentanal และ decanal, 2-heptanone (Gremli, 1974; MacLeod and Ames, 1988; Rackis, Honig, Sessa and Steggerda, 1970; Sessa, 1979; Wolf, 1975) นอกจากนี้ยังมีสารจำพวก hexanol, ethyl vinyl ketone และ tran-2-nonenal รวมอยู่ด้วย (Wilkens and Lin, 1970; Sessa and Rackis, 1977; Cadwallader, 2004) Boatright และ Lei (1999) ศึกษาสารหลักที่ให้กลิ่นถั่วโดยใช้เทคนิค head space ของสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (soy protein isolate) โดยใช้วิธี gas chromatography/olfactometry (GCO) พบว่าสารที่ให้กลิ่นถั่วได้แก่ dimethyl trisulfide, trans,trans-2,4-decadienal, 2-pentyl pridine, trans, trans-2, 4-nonadienal และ acetophenone โดยองค์ประกอบเหล่านี้จะให้กลิ่นถั่วหรือกลิ่น beany ซึ่งสามารถพรรณนาเป็นกลิ่นต่างๆ ได้แก่ กลิ่นเหม็นเขียว (green) กลิ่นคล้ายหญ้า (grassy) กลิ่นเหม็นหืน (rancid) กลิ่นคล้ายสี (painty) และรสขม (bitter) เป็นต้น (Nelson, Steinbeg and Wei, 1976; Kobayashi, Tsuda, Hirata, Kubota and Kitamura, 1995; Torres-Penaranda, 2001)

ตารางที่ 2.1 ปริมาณโปรตีนและราคาถั่วและเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ

ชนิดของถั่ว/เนื้อสัตว์	โปรตีน (ร้อยละ)	ราคา (บาท/กิโลกรัม)
ถั่วเหลือง	34.0-44.0	15-20
ถั่วเขียว	23.4	24-25
ถั่วลิสง	29.7	38-40
เนื้อหมู (เนื้อแดง)	19.6	85-95
เนื้อไก่	22.0	50-60
ปลาช่อน	20.5	50-60
ปลาทู	20.0	50-60

ที่มา: ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ (2542)

ตารางที่ 2.2 การประมาณต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตไอศกรีมที่มีโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและน้ำมันปาล์ม

วัตถุดิบ	**ปริมาณวัตถุดิบ สำหรับ 100 กรัม**	**ราคาวัตถุดิบ บาท/กิโลกรัม**	**ต้นทุน บาท/100 กรัม**
โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง	4.8	196	0.940
น้ำมันปาล์ม	11	32	0.352
น้ำตาลทราย	10	18	0.180
glucose syrup	5	12	0.060
κ-carragenan	0.025	800	0.020
logust bean gum	0.275	500	0.138
tween 80	0.15	150	0.023
น้ำดื่ม	68.99	0.5	0.035
รวมต้นทุนวัตถุดิบ 100 กรัม (บาท)			1.748
รวมต้นทุนวัตถุดิบ 1,000 กรัม (บาท)			17.48
ต้นทุนรวมผลิตภัณฑ์ 1,000 กรัม (บาท)			33.62

ที่มา: ถนอมดวง แซ่ลิ (2549)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.3 การประมาณต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตไอศกรีมที่มีโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและมาร์การีน

วัตถุดิบ	**ปริมาณวัตถุดิบ สำหรับ 100 กรัม**	**ราคาวัตถุดิบ บาท/กิโลกรัม**	**ต้นทุน บาท/100 กรัม**
โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง	5.2	196	1.019
มาร์การีน	8.6	40	0.344
น้ำตาลทราย	10	18	0.180
glucose syrup	5	12	0.060
κ-carragenan	0.025	800	0.020
logust bean gum	0.275	500	0.138
tween 80	0.15	150	0.023
น้ำดื่ม	70.75	0.5	0.036
รวมต้นทุนวัตถุดิบ 100 กรัม (บาท)			1.82
รวมต้นทุนวัตถุดิบ 1,000 กรัม (บาท)			18.20
ต้นทุนรวมผลิตภัณฑ์ 1,000 กรัม (บาท)			35.00

ที่มา: ถนอมดวง แซ่ลิ (2549)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.4 การประมาณต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตไอศกรีมที่มี skim milk powder และ น้ำมันเนย

วัตถุดิบ	ปริมาณวัตถุดิบ สำหรับ 100 กรัม	ราคาวัตถุดิบ บาท/กิโลกรัม	ต้นทุน บาท/100 กรัม
Skim milk powder	10.5	175	1.838
น้ำมันเนย	10	100	1.000
น้ำตาลทราย	10	18	0.180
glucose syrup	5	12	0.060
κ-carragenan	0.025	800	0.020
logust bean gum	0.275	500	0.138
tween 80	0.15	150	0.023
น้ำดื่ม	64.05	0.5	0.032
รวมต้นทุนวัตถุดิบ 100 กรัม (บาท)			3.291
รวมต้นทุนวัตถุดิบ 1,000 กรัม (บาท)			32.91
ต้นทุนรวมผลิตภัณฑ์ 1,000 กรัม (บาท)			63.28

ที่มา: ถนอมดวง แซ่ลิ (2549)

การกำจัดกลิ่น beany นี้สามารถทำได้โดยกระบวนการทางเคมีด้วยการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของถั่วเหลือง Mtebe และคณะ (1987) ได้ศึกษากลไกการเกิดกลิ่น beany จาก linoleic acid จากปฏิกิริยาของ lipoxygenase โดยทดลองปรับค่า pH เท่ากับ 9 เปรียบเทียบกับค่า pH ที่ 6.5 ผลที่ได้พบว่า กลิ่น beany ที่ pH เท่ากับ 9 มีค่ามากกว่าที่ pH เท่ากับ 6.5 ทั้งนี้เนื่องมาจากที่ pH สูง กิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase จะมีมากกว่าที่ pH ต่ำ

สำหรับการใช้กระบวนการแปรรูปเพื่อลดกลิ่น beany ของถั่วเหลืองพบในงานวิจัยของ Kato และคณะ (1981) โดยพบว่าการคั่วหรือให้ความร้อนแก่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ในระหว่างระยะเวลาในการคั่ว 10 ถึง 20 นาทีจะทำให้กลิ่นรส beany ถูกกลบด้วยกลิ่นหอมของการคั่ว โดยกลิ่นรสคั่วดังกล่าวได้แก่สารพวก alkylated pyrazines, oxygenated furans, oxygenated pyrroles และสารพวก phenols นอกจากนี้การใช้กระบวนการแปรรูปทางอาหารร่วมกับกระบวนการทางเคมี เช่น การแช่ถั่วเหลืองในน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรด (pH =3) ค้างคืนก่อนนำถั่วเหลืองดังกล่าวไปให้ความร้อน

ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมงแล้วจึงปรับค่า pH ของถั่วเหลืองให้เท่ากับ 7 ก็ทำให้กลิ่นรส beany ของถั่วเหลืองลดลงเช่นกัน (Abdel-Aal, Youssef, Adel-Shehata and El-Mahdy, 1985)

2.3 รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับตะไคร้

2.3.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์

ตะไคร้ (lemongrass) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cymbopogon citratus* พบมากทางแถบเอเชีย นิยมใช้เป็นเครื่องเทศในอาหาร แต่งกลิ่นในอาหาร เช่น ขนมหวาน เครื่องดื่ม เป็นต้น

ตะไคร้เป็นพืชเครื่องเทศสมุนไพรที่มีประโยชน์หลากหลาย เช่น มีสรรพคุณทางยา โดยทั้งต้นจะใช้เป็นยารักษาโรคหืด แก้ปวดท้อง ขับปัสสาวะ และแก้อหิวาตกโรค และยังใช้ร่วมกับสมุนไพรอื่นรักษาโรคได้ เช่น บำรุงธาตุ เจริญอาหาร และขับเหงื่อ ส่วนใบสดช่วยลดความดันโลหิตสูง แก้ไข้ ส่วนรากใช้เป็นยาแก้ไขปวดท้องและท้องเสีย คุณค่าทางโภชนาการของตะไคร้แสดงดังตารางที่ 2.5 ในปัจจุบันตะไคร้มีการบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศในรูปแบบของตะไคร้สดและตะไคร้แห้ง ทำให้ปริมาณความต้องการตะไคร้ในตลาดโลกมีปริมาณสูงถึงปีละประมาณ 800-1,300 ตัน (อุดมลักษณ์ อุ่นจิตต์วรรธนะ, 2543) และจากสถิติข้อมูลจากกรมส่งเสริมการเกษตรพบว่าตะไคร้ในประเทศไทยเป็นพืชที่มีฤดูการเก็บเกี่ยวตลอดทั้งปี มีพื้นที่เพาะปลูกรวมทั้งสิ้น 2,353093 ไร่ ราคากิโลกรัมละ 2-30 บาท ตะไคร้จึงจัดเป็นพืชชนิดหนึ่งในพืช 62 ชนิด ที่ทางภาครัฐมีการส่งเสริมให้มีการเพาะปลูก (สุนียพร พรหมดวง, 2546)

2.3.2 สารที่ให้กลิ่นรสในตะไคร้

ตะไคร้มีสารหอมระเหยหลายชนิดเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ neral, geranial, limonene, citronellal, caryophyllene, linalool, β-myrcene และ geraniol (Onawunmi, 1989; Ibrahim, 1992; Viollon and Chaumont, 1994; Ashurst, 1999; Kasali, Oyedeji and Ashilokun, 2001; Schaneberg, 2002) อย่างไรก็ตาม citral ถือเป็นสารที่ให้กลิ่นรสในตะไคร้ ซึ่งจะมีปริมาณร้อยละ 65-80 citral เป็นสารผสมของอัลดีไฮด์ 2 ตัว คือ geranial และ neral (Schaneberg, 2002; Paviani, Pergher and Dariva, 2006)

ตารางที่ 2.5 คุณค่าอาหารตะไคร้ในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม

พลังงาน	126 แคลอรี่	เหล็ก	2.6 มิลลิกรัม
น้ำ	65.6 กรัม	วิตามินเอ	427 มิลลิกรัม
โปรตีน	1.2 กรัม	วิตามินบี	1 0.05 มิลลิกรัม
ไขมัน	2.1 กรัม	วิตามินบี	2 0.02 มิลลิกรัม
คาร์โบไฮเดรต	25.6 กรัม	ไนอาซิน	2.2 มิลลิกรัม
แคลเซี่ยม	35 มิลลิกรัม	วิตามินซี	1 มิลลิกรัม

ที่มา: รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ (2535)

2.4 รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับเตยหอม

2.4.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์

เตย หรือ เตยหอม (pandan leaf) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Panadus odorus Ridi.* และมีชื่อทางพฤษศาสตร์ว่า *Pandanus amaryllifolius Roxb.* อยู่ในตระกูล Pandanaceae เป็นพรรณไม้จำพวกหญ้าชอบขึ้นตามริมน้ำหรือในที่ชื้นแฉะ ใบเตยมีลักษณะเป็นใบยาวเรียว ปลายใบแหลม มีสีเขียวเป็นมัน ประกอบด้วย chlorophyll และ xanthophyll เป็นรงควัตถุที่สำคัญ ลักษณะเด่นของใบเตย คือ มีกลิ่นหอม จึงนิยมนำมาประกอบอาหาร ของหวาน หรือ เครื่องดื่มต่าง ๆ เพื่อแต่งกลิ่นและสีให้น่ารับประทานยิ่งขึ้น (ศยามล เนตรประภา, 2544) นอกจากนี้ใบเตยยังมีสรรพคุณทางยา ในตำรายาไทย จะพบว่าต้นและรากของเตยสามารถใช้เป็นยาขับปัสสาวะได้ ส่วนใบเตยมีสรรพคุณช่วยในการบำรุงหัวใจ ช่วยลดอาการของโรคหืด ในสมัยโบราณนิยมนำใบเตยมาทำเป็นเครื่องดื่มสมุนไพร เพราะให้ความรู้สึกสดชื่นขณะดื่ม มีคุณค่าทางอาหาร และปลอดภัยต่อการบริโภค (วรางคณา สมพงษ์, 2542) คุณค่าทางโภชนาการของใบเตย แสดงดังตารางที่ 2.6

2.4.2 สารที่ให้กลิ่นรสในเตยหอม

เตยหอมมีสารหอมระเหยที่เป็นองค์ประกอบหลักของกลิ่นใบเตย คือ 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) (Laksanalamai and Ilangantilek, 1993) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นหอมที่เฉพาะตัวของใบเตย มีลักษณะกลิ่นคล้ายข้าวโพดคั่ว ซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค 2AP เป็นสารหอมระเหยชนิดเดียวกับที่พบในข้าวหอมมะลิของไทย ข้าวหอมมะลิจึงมีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นของใบเตย (Paule and Power, 1989) นอกจากนี้ยังพบสาร 3-methyl-2(5H)-furanone ที่ให้กลิ่น sweet (Laohakunjit and Noomhorm, 2004; Jiang, 1999)

2.5 การทำแห้งแบบพ่นกระจาย (spray drying)

การทำแห้งเป็นวิธีการถนอมอาหารวิธีหนึ่งที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื่องจากเป็นการลดปริมาณน้ำในอาหารให้ต่ำลงจนถึงระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ นอกจากนี้การทำแห้งยังเป็นการช่วยลดปริมาตรและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ทำให้สะดวกต่อการขนส่ง การเก็บรักษาและการบริโภค (สุนทรี วราอุบล, 2539)

การทำแห้งแบบพ่นกระจายเป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูงแต่ใช้ระยะเวลาที่สั้นในการแปลงของเหลวซึ่งอาจเป็นสารละลายหรือของเหลวข้นให้เป็นผงแห้งในขั้นตอนเดียว (ศุกฤตย์ ไทยอุดม, 2538) หลักการของการทำแห้งแบบพ่นกระจาย คือ การทำให้อาหารที่มีสถานะเป็นของเหลวที่ต้องการทำแห้งแตกเป็นละอองเล็กๆ (droplets) ภายในหอทำแห้ง (drying chamber) ที่มีอากาศร้อนไหลผ่าน การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากของเหลวจะมีสภาพเป็นหยดเล็กๆ ซึ่งมีพื้นผิวที่จะสัมผัสกับอากาศร้อนมาก ทำให้เกิดการระเหยน้ำจากอาหาร ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเป็นผงแห้ง และผลิตภัณฑ์ผงนี้จะถูกแยกออกจากอากาศร้อนเพื่อนำไปบรรจุต่อไป (Brennan, Herrara and Jowitt, 1971; Masters, 1979) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ผงที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นกระจายมักเกิดปัญหาในเรื่องการสูญเสียกลิ่นรสเนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงในการทำแห้งและการจับตัวเป็นก้อนทั้งในระหว่างและหลังการทำแห้ง ดังนั้นการเพิ่มอัตราเร็วในการป้อนตัวอย่าง การเพิ่มความหนืดและความเข้มข้นของตัวอย่างก่อนเข้าเครื่อง การปรับอุณหภูมิอากาศร้อนเข้าให้อยู่ในช่วง 160-210 องศาเซลเซียส และการเติมสารที่ช่วยในการทำแห้งและกักเก็บกลิ่นรส (drying aids) เป็นเทคนิคการที่ช่วยป้องกันการสูญเสีย หรือการเปลี่ยนแปลงของสารที่ให้กลิ่นรสในตัวอย่างอาหาร (Schultz and Talburt, 1961; Sara and Gray, 1988)

2.5.1 สารช่วยในการทำแห้งและกักเก็บกลิ่นรส (drying aids and flavor entrapment agents)

สารช่วยในการทำแห้งและกักเก็บกลิ่นรส เป็นสารที่ช่วยให้เกิดการทำแห้งอย่างสมบูรณ์ ช่วยรักษาสารให้กลิ่นรสในกระบวนการทำแห้ง และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ผงนั้นไปคืนรูปโดยการละลายน้ำ สีหรือกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์จะถูกปลดปล่อยออกมา ทำให้สีและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์หลังการคืนรูปมีคุณภาพคล้ายวัตถุดิบสดก่อนการทำแห้ง นอกจากนี้สารช่วยในการทำแห้งและกักเก็บกลิ่นรส ยังทำหน้าที่เพิ่มปริมาณของแข็งให้กับอาหารก่อนเข้าเครื่องทำแห้ง เพื่อประหยัดเวลาในการทำแห้ง เช่น น้ำผลไม้ซึ่งมีปริมาณของแข็งเริ่มต้นต่ำ และของแข็งเหล่านั้นส่วนใหญ่ คือ น้ำตาล ซึ่งสามารถทำให้แห้งได้เลยถ้าไม่มีการเติมสารช่วยในการทำแห้ง หรือหากทำแห้งจนเป็นผงแล้ว น้ำตาลเหล่านี้จะมีความเข้มข้นสูงขึ้นมากและดูดความชื้นกลับได้อย่างรวดเร็ว เหนียวติดภาชนะ แต่ถ้ามีการเติมสารช่วยในการทำแห้ง ลงไปในตัวอย่างก่อนการทำแห้ง สารช่วยในการทำ

แห้งจะทำหน้าที่เจือจางปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ผงให้มีความเข้มข้นลดลง อีกทั้งยังช่วยลดการจับตัวเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาอีกด้วย (กัลยาณี โสมนัส, 2540)

ตารางที่ 2.6 คุณค่าทางโภชนาการของใบเตยส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม

		nutrient composition per100 g edible portion (Pandanus)
poximate composition	energy	35 Kcal
	moisture	85.3g
	protein	1.9 g
	fat	0.8 g
	carbohydrate	4.9 g
	crude fiber	5.2 g
	ash	1.9 g
Mineral	calcium	124 mg
	phosphorus	27 mg
	iron	0.1 mg
Vitamin	beta-carotene	2987 μg
	total A (RE)	489 μg
	thiamin	Trace
	riboflavin	0.20 μg
	niacin	1.2 μg
	vitamin C	8 μg

ที่มา: กรมอนามัย (2535)

ก. มอลโตเด็กซ์ตริน (maltodextrin)

มอลโตเด็กซ์ตริน มีคุณสมบัติในการเป็น drying aid ที่ดี เนื่องจากมีความสามารถในการละลายสูง มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งเริ่มต้นในตัวอย่างอาหาร ซึ่งช่วยให้การทำแห้งเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วสมบูรณ์ ช่วยป้องกันหรือลดการสูญเสียของสารให้กลิ่นรสต่างๆของอาหารในระหว่างกระบวนการทำแห้งโดยมอลโตเด็กซ์ตรินจะเกิดเป็นฟิล์มบางๆที่มีความยืดหยุ่น (cohesive) หุ้มรอบ ๆ โมเลกุลของสารให้กลิ่นรสเอาไว้ คุณสมบัตินี้เรียกว่า film-forming property ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้จะมีลักษณะเป็นรูพรุนโดยมีสารให้กลิ่นรสต่าง ๆ ถูกกักเก็บไว้ดังนั้นมอลโตเด็กซ์ตริน จึงเป็นที่นิยมใช้ในการทำแห้งอาหารหลายประเภท ประกอบกับมอลโตเด็กซ์ตริน มีราคาไม่แพงจึงทำให้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางมากขึ้น (Sara and Gray, 1988; Kuntz, 1997) โครงสร้างสารเคมีของมอลโตเด็กซ์ตริน ดังรูปที่ 2.1

ข. ไซโคลเด็กซ์ตริน (cyclodextrin)

ไซโคลเด็กซ์ตริน มีคุณสมบัติในการเป็น drying aid ที่ช่วยในการทำแห้งและกักเก็บกลิ่นรส ไซโคลเด็กซ์ตรินเป็นเด็กซ์ตรินที่ได้จากการใช้เอนไซม์ cyclodextrin glucanotransferase ในการเปลี่ยนแปลงแป้งสายตรงให้มีลักษณะเป็นวงกลม ซึ่งเป็น cyclic oligosaccharide ที่เกิดจากการต่อกันของกลูโครสเป็นวง ทั้งนี้สามารถแบ่งชนิดของไซโคลเด็กซ์ตรินออกเป็น 3 ชนิด คือ แอลฟา-ไซโคลเด็กซ์ตริน (α-cyclodextrin) เบต้า-ไซโคลเด็กซ์ตริน (β-cyclodextrin) และแกมมา-ไซโคลเด็กซ์ตริน (γ-cyclodextrin) ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งเกิดจากกลูโคสจำนวน 6, 7 และ 8 หน่วยมาจับกันเป็นวงกลมตามลำดับ คุณสมบัติพิเศษของไซโคลเด็กซ์ตรินนั้นพบว่าด้านวงในของไซโคลเด็กซ์ตรินจะมีลักษณะเป็น hydrophobic ส่วนวงนอกของไซโคลเด็กซ์ตรินจะเป็น hydrophilic จากคุณสมบัตินี้ทำให้ไซโคลเด็กซ์ตรินเป็นสารที่นำมาใช้ประโยชน์ในการกักเก็บกลิ่นรสของอาหารและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ใช้ลดหรือกลบเกลื่อนรสชาติขมได้

2.6 การเกิดสารที่ให้กลิ่นรสและปฏิสัมพันธ์ของกลิ่นรส

กลิ่นรส (flavour) เป็นลักษณะเฉพาะตัวที่สำคัญมากอย่างหนึ่งของอาหารและผลิตภัณฑ์อาหาร และสามารถใช้เป็นมาตรฐานในการตัดสินคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งแสดงถึงการยอมรับหรือไม่ยอมรับของผู้บริโภค คำว่า "กลิ่นรส" เป็นการรวมความรู้สึก 2 อย่างคือ ความรู้สึกต่อรส (taste) และความรู้สึกต่อกลิ่น (odor) ของสารในปากและคอหอย (pharynx) มีต่อมรับรส (taste buds) เป็นจำนวนมากสามารถรับรสหวาน รสเปรี้ยว รสเค็ม และรสขม ส่วนในจมูกก็มีปลายประสาทรับกลิ่น (olfactory nerve endings) ซึ่งสามารถรับกลิ่นต่าง ๆ ได้ อาหารไม่ว่าจะลื่นหรือหนืด นุ่มหรือแข็ง เมื่อสัมผัสกับลิ้นและเพดานปากและผ่านเข้าสู่ลำคอสามารถทำให้เกิดความรู้สึก

ต่อรสชาติของอาหารนั้นได้ ความรู้สึกหลังลิ้มรส (aftertaste) จะยังคงมีอยู่หลังจากกลืนอาหารแล้ว เพราะอาหารบางส่วนที่เหนียวและมันยังคงติดที่ปากและฟันอยู่ (อัญชลินทร์ สิงห์คำ และ ทศพร นามโฮง, 2548)

การเกิดสารที่ให้กลิ่นในอาหาร แบ่งได้เป็น 4 แบบ ได้แก่

2.6.1 กระบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพ

ได้แก่ พวกสารประกอบที่เกิดขึ้นโดยตรงจากขบวนการ biosynthesis สารที่ได้เรียกว่า primary aroma สารที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิกิริยาเกิดขึ้นจากการสลายตัวของพวกกรดไขมัน ซึ่งจะเป็นตัวทำให้เกิดสารระเหยให้กลิ่นที่ไม่มีความสำคัญต่อกลิ่นหอม ได้แก่ alcohols (primary และ secondary), aldehydes และ methyl ketones ส่วนสารที่ให้กลิ่นหอม ได้แก่พวก esters

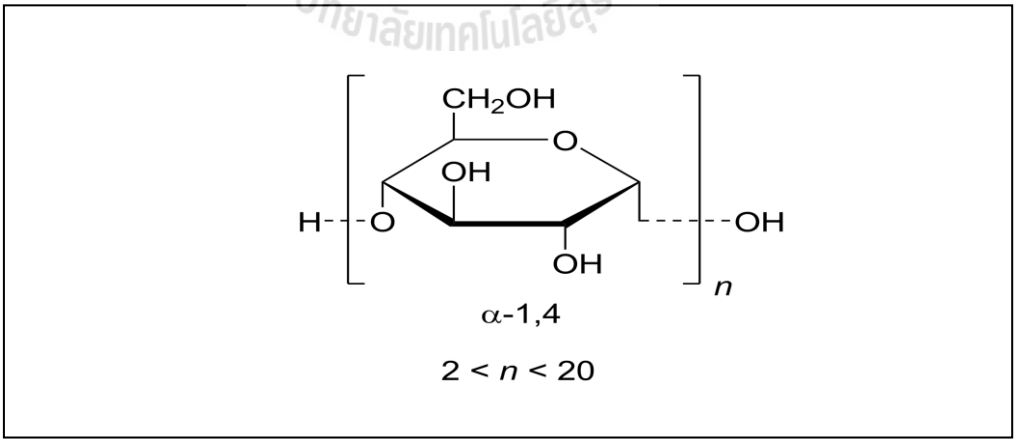
2.6.2 ปฏิกิริยาโดยตรงของเอนไซม์

ปฏิกิริยานี้จะเกิดเมื่อสารตั้งต้นที่อยู่ภายในเซลล์ทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ เช่น ในกรณีที่ผักผลไม้สุก จะทำให้ผนังเซลล์อ่อนตัวลง หรือมีการปั่นหรือบดเนื้อเยื่อของผักผลไม้ ทำให้เกิดสารระเหยที่ให้กลิ่นขึ้น เช่น การเกิดกลิ่นกระเทียม เมื่อมีการปอก ทุบ หรือสับ เอนไซม์ allinase จะทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้น คือ sulfoxides เกิดสารระเหยออกมา

2.6.3 ปฏิกิริยาโดยอ้อมของเอนไซม์

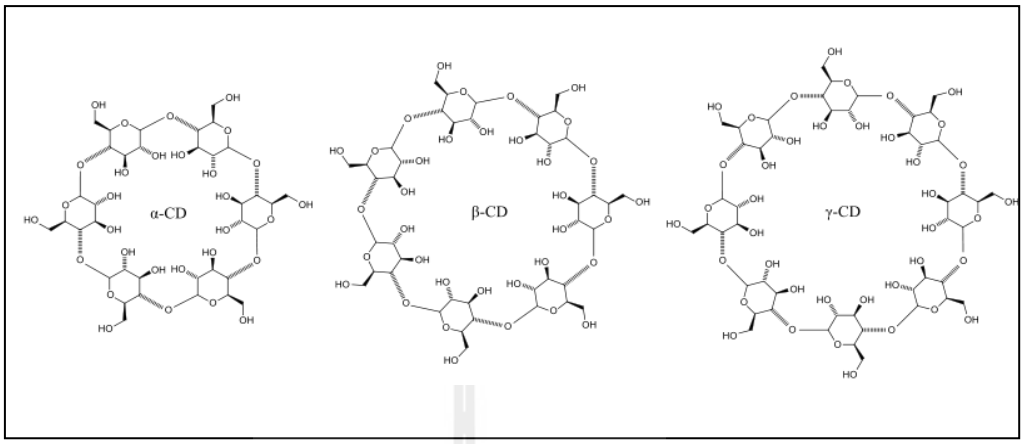
เป็นกระบวนการทำให้เกิดสาร โดยสารตั้งต้นจะถูกออกซิไดซ์ และตัวออกซิไดซ์นั้นจะเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ก่อน สารระเหยที่ได้ ได้แก่ สารพวกที่มีหมู่คาร์บอนิล และกรด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.1 โครงสร้าง ของ maltodextrin

ที่มา : http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maltodextrin.png



รูปที่ 2.2 โครงสร้าง 3 ชนิด ของ cyclodextrin

ที่มา : http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cyclodextrin.svg

เช่น สารในใบชา ซึ่งเกิดจากสารพวก flavanol oxide ซึ่งได้จากการที่ flavanol ถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจน และมีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง

2.6.4 ไพโรไลซิส (pyrolysis)

เป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนแล้วทำให้เกิดสารประกอบขึ้น การให้ความร้อนจะมีการสลายตัวของ น้ำตาล กรดอะมิโน ไขมัน วิตามิน และโปรตีน ปฏิกิริยาที่เกิดจากการให้ความร้อน ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยา caramelisation และการเกิดปฏิกิริยา maillard หรือเรียกปฏิกิริยาเหล่านี้ว่า non-enzymatic browning

การเกิดปฏิสัมพันธ์ของสารที่ให้กลิ่นรสในไอศกรีมเกิดขึ้นระหว่างสารที่เป็น volatile compounds ได้แก่ สารที่ให้กลิ่นรส กับ non-volatile compounds หรือ องค์ประกอบของอาหาร (food matrix) ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน (Hatchwell, 1996; Innocent, Marchesini and Biasutti, 2010) โดยส่วนที่เป็น hydrophobic และ hydrophilic จะจับกับ site ของโมเลกุลของสารระเหย (volatile molecules) ทำให้เกิดกลิ่นรสขึ้น (Nongonierma, Springett, Le Quere, Cayot and Voilley, 2005)

2.7 เฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครแอคแทรคชั่น (headspace -solid - phase micro extraction, HS-SPME)

headspace-solid-phase microextraction (HS-SPME) เป็นเทคนิคการสกัดสารระเหย (volatile compounds) ที่อยู่เหนืออาหารในระบบภาชนะปิด ภาชนะที่นิยมใช้เป็นหลอดทดลอง (glass vial) ขนาดประมาณ 40 มิลลิลิตร ที่มีฝาปิด ส่วนบนฝาปิดจะบุด้วยยาง (septum) ที่มี teflon เคลือบอยู่ด้านใน SPME ประกอบด้วยไฟเบอร์ (fused silica fiber) ที่เคลือบสารดูดซับ (polymeric phase adsorbent) ไฟเบอร์ดังกล่าวจะถูกออกแบบให้เก็บอยู่ในอุปกรณ์ขนาดเล็กคล้ายเข็มฉีดยา สารดูดซับที่เคลือบอยู่บนไฟเบอร์มีคุณสมบัติดูดซับสารระเหย (volatile compounds) จนถึงภาวะสมดุลในระบบ จำนวนสารระเหยที่สกัดได้ขึ้นกับค่า partition coefficient ของสารระเหยที่อยู่ระหว่างสารตัวอย่าง (sample matrix) และสารดูดซับที่เคลือบอยู่บนไฟเบอร์ หลังจากการสกัดแล้วไฟเบอร์จะถูกเก็บอยู่ในอุปกรณ์คล้ายเข็มฉีดยา และพร้อมที่จะนำไปฉีดเข้า injector port ของเครื่องแก๊สโครมาโตรกราฟี (gas Chromatography, GC) ดังรูปที่ 2.3 SPME เป็นเทคนิคที่ถูกนำมาใช้ในปีค.ศ. 1990 โดย Janusz Pawliszyn สะดวก รวดเร็ว ไม่ต้องใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ สามารถสกัดแยกและทำให้เข้มข้นในเวลาเดียวกันและพร้อมที่จะนำไปฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Pawliszyn, 2001)

โดยปัจจัยหลัก ๆ ที่ต้องคำนึงถึงสำหรับเทคนิค SPME (ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์, 2553) คือ

2.7.1 ศึกษาอัตราส่วนเฟส

อัตราส่วนเฟสเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเฟสของตัวอย่างและเฟสของ headspace ที่ใช้ในการสกัด

2.7.2 อุณหภูมิในการสกัด

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญในการศึกษาเนื่องจากอุณหภูมิเป็นส่วนช่วยให้สารที่วิเคราะห์เกิดการเคลื่อนที่ได้ดียิ่งขึ้นทำให้เกิดการได้เทมวลจากเฟสของเหลว เฟสของแก๊สและเฟสของพอลิเมอร์บนไฟเบอร์ซึ่งถือเป็นการเร่งการเกิดสมดุลของสารที่วิเคราะห์ระหว่างเฟสทั้งสาม

2.7.3 เวลาในการสกัด

เวลาในการสกัด เป็นเวลาที่สารเข้าสู่สมดุลระหว่างเฟสทั้งสามประกอบด้วยเฟสของเหลว เฟสของแก๊สและเฟสของพอลิเมอร์

2.7.4 ชนิดและปริมาณของเกลือที่เติม

การเติมเกลือลงไปในการสกัดเป็นการลดการเกิดชั้นไฮเดรตของน้ำต่อสารที่วิเคราะห์ เมื่อเติมเกลือลงไปจะทำให้เกิดชั้นไฮเดรตของเกลือแทนทำให้สารที่วิเคราะห์ ถูกปลดปล่อยและเกิด

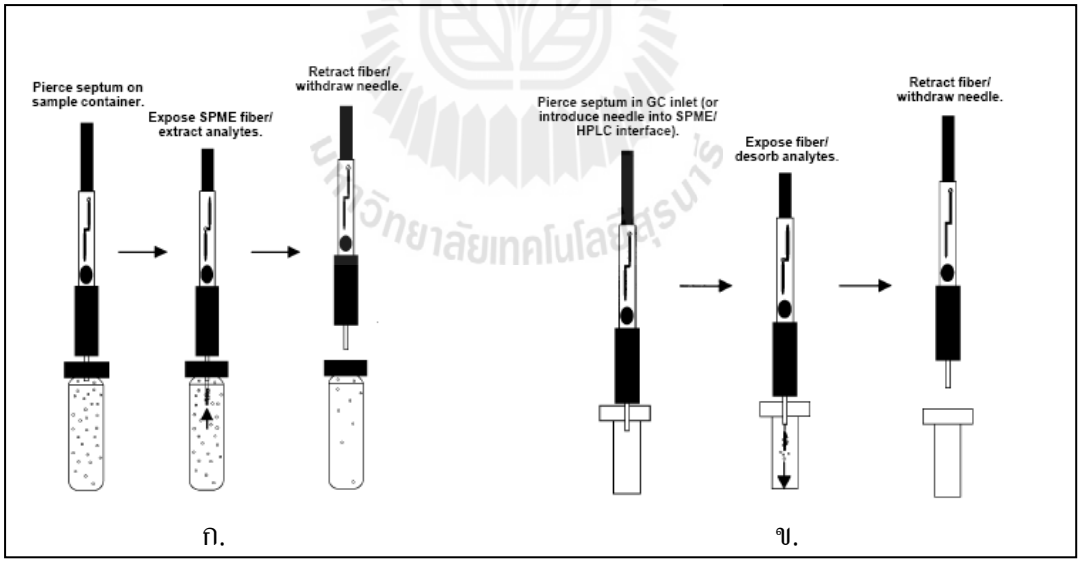
กระบวนการสกัดได้มากขึ้น นอกจากนี้การเติมเกลือยังเพิ่มไอออนให้กับสารละลาย ทำให้สารที่สนใจละลายในตัวอย่างได้น้อยลง

2.7.5 เวลาในการคายการดูดซับ

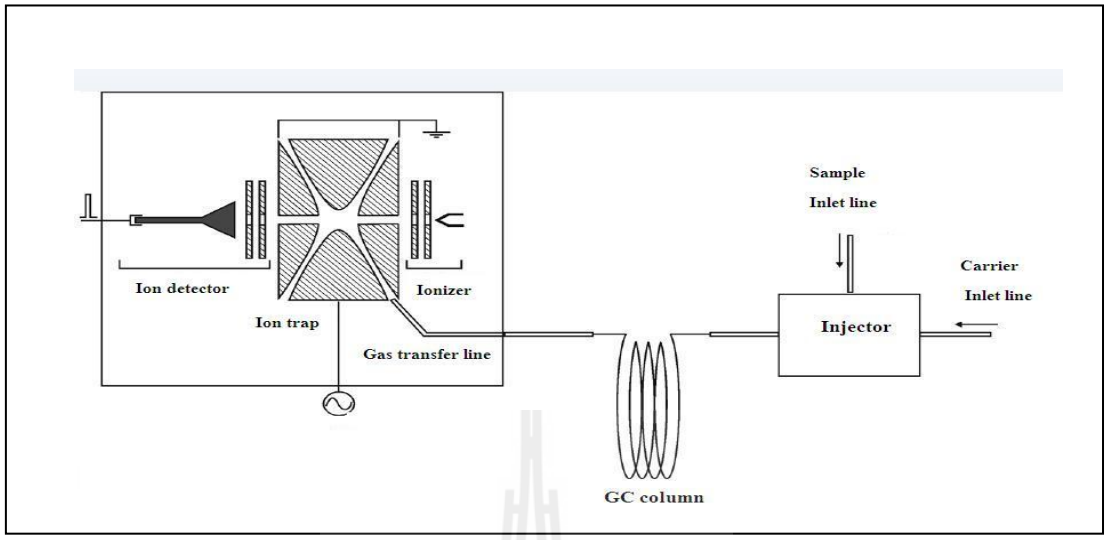
เวลาในการคายการดูดซับเป็นการให้ความร้อนในการคายการดูดซับของสารจากโพลิเมอร์บนไฟเบอร์เข้าสู่ระบบการตรวจวัด

2.7.6 ชนิดของไฟเบอร์

ไฟเบอร์ที่ใช้มีให้เลือกหลายชนิดขึ้นกับสารดูดซับที่นำมาเคลือบ ดังนั้นก่อนการใช้ต้องพิจารณาเลือกชนิดของไฟเบอร์ ให้เหมาะสมกับสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ ชนิดของไฟเบอร์ได้แก่ polydimethylsiloxane (PDMS) ใช้สำหรับสารตัวอย่างที่ไม่มีขั้ว (non polar compounds) polyacrylate (PA) ใช้สำหรับสารตัวอย่างที่มีขั้วมาก carbowax/divinylbenzene (CAR/DBV) ใช้สำหรับแอลกอฮอล์ (alcohol) และสารที่มีขั้ว (polar compounds) และdivinylbenzene/ carbowax/ polydimethylsiloxan (DBV/CAR/PDMS) ใช้สำหรับสารตัวอย่างที่ให้กลิ่น ทั้งที่เป็นแอลกอฮอล์ มีขั้วและไม่มีขั้ว



รูปที่ 2.3 (ก) การดูดซับของสารตัวอย่าง (ข) การคายการดูดซับโดยความร้อนจากเครื่อง GC
ที่มา : http://www.sigmaaldrich.com



รูปที่ 2.4 องค์ประกอบของเครื่อง GC-MS

ที่มา : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/ff/Mini_GC-MS_Schematic_adapted_for_H2.jpg

2.8 แก๊สโครมาโทกราฟี-แมส สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (gas chromatography-mass spectrophotometer, GC-MS)

เป็นเครื่องมือที่สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีอยู่ในสารทั้งในเชิงปริมาณ (quantitative analysis) และเชิงคุณภาพ (qualitative analysis) โดยอาศัยการเปรียบเทียบ fingerprint ของเลขมวล (mass number) ของสารตัวอย่างนั้น ๆ กับข้อมูลที่มีอยู่ใน library GC-MS ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของเครื่อง GC (gas chromatography) และส่วนของเครื่อง mass spectrometer

2.8.1 แก๊สโครมาโทกราฟี (gas chromatography, GC)

ทำหน้าที่ในการแยกองค์ประกอบของสารที่สามารถระเหยกลายเป็นไอ (volatile compounds) ได้เมื่อถูกความร้อน กลไกที่ใช้ในการแยกองค์ประกอบต่าง ๆ ในสารตัวอย่างอาศัยหลักของความชอบที่แตกต่างกันขององค์ประกอบในตัวอย่างที่มีต่อเฟส 2 เฟส คือ stationary phase (เฟสคงที่) และ mobile phase (เฟสเคลื่อนที่) โดยใช้เฟสเคลื่อนที่เป็นแก๊ส เช่น ฮีเลียม จะทำหน้าที่เป็นตัวพา (carrier) สารผสม ส่วนเฟสคงที่อาจจะเป็นของแข็งหรือของเหลวที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์ เมื่อทั้งตัวพาและสารผสมเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์นี้ เฟสอยู่กับที่ในคอลัมน์จะดึงดูดด้วยแรงดึงดูดไฟฟ้าสถิตตามความเป็นขั้วของสารกับโมเลกุลในสารผสมทำให้องค์ประกอบในสารผสมถูกพาไปด้วยอัตราเร็วที่ต่างกัน สารผสมก็จะแยกออกจากกัน (แม้น อมรสิทธิ์, 2534)

องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่อง GC สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

ก. injector

คือ ส่วนที่สารผสมตัวอย่างจะถูกฉีดเข้าสู่เครื่องมือ และระเหยกลายเป็นไอก่อนที่จะเข้าสู่คอลัมน์ (column) อุณหภูมิที่เหมาะสมของ injector ควรเป็นอุณหภูมิที่สูงพอที่จะทำให้ตัวอย่างระเหยได้แต่ต้องไม่ทำให้สารสลายตัว

ข. oven

คือ ส่วนที่ใช้สำหรับบรรจุคอลัมน์และเป็นส่วนที่ควบคุมอุณหภูมิของคอลัมน์ให้เปลี่ยนไปตามความเหมาะสมกับวิธีการที่ต้องการวิเคราะห์สารผสม การควบคุมอุณหภูมิของ oven นั้นมี 2 แบบ คือ isothermal จะใช้อุณหภูมิเดียวตลอดการวิเคราะห์ และแบบ temperature program จะสามารถเปลี่ยนอุณหภูมิได้ในระหว่างการวิเคราะห์ มักจะนิยมใช้กับสารผสมที่มีช่วงของจุดเดือดกว้าง ทำให้ chromatogram ที่ได้มี peak shape ไม่ broad และยังช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์

ค. detector

คือส่วนที่ใช้สำหรับตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง และดูว่าสารตัวอย่างที่สนใจมีปริมาณอยู่เท่าใด ดังนั้นดีเทคเตอร์จึงต้องเป็นเครื่องที่มีลักษณะเฉพาะสามารถให้สัญญาณกับสารต่าง ๆ ได้ ให้สภาพไว (sensitivity) ที่สูงพอ มีการตอบสนองที่ดีในช่วงความเข้มข้นของสารที่กว้างพอ ดีเทคเตอร์มีหลายชนิด เช่น TCD (thermal conductivity detector), FID (flame ionization detector), ECD (electron capture detector และ MSD (mass selective detector) เป็นต้น

2.8.2 แมส สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (mass spectrophotometer, MS)

เป็น detector ที่ใช้ตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างโดยอาศัยการทำให้โมเลกุลของสารตัวอย่างแตกตัวเป็นไอออนด้วยการให้โมเลกุลรับพลังงานมากพอจนทำให้สารตัวอย่างเกิดไอออไนซ์ในสภาวะสุญญากาศแล้วตรวจวัดออกมาเป็นเลขมวล (mass number) เทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิง แล้ว แปลผลออกมาเป็นชื่อขององค์ประกอบนั้น ๆ (แม้น อมรสิทธิ์, 2534)

องค์ประกอบสำคัญของ MS แบ่งออกเป็น

ก. ionization source

แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ electron Ionization (EI) เป็นการทำให้สารเกิด fragment โดยใช้ลำ electron และ chemical Ionization (CI) เป็นการทำให้สารเกิดการ fragment ด้วยวิธีทางเคมี

ข. mass analyzer

เป็นเครื่องวิเคราะห์มวล ใช้หลักการวิเคราะห์ด้วยสนามแม่เหล็ก คือ เป็น path-stability mass spectrometer ซึ่งมีแหล่งผลิต ion source 2 ส่วนโดยส่วนแรกจะทำให้ตัวอย่าง

กลายเป็นไอออน และส่วนที่ 2 ทำให้สารมาตรฐานกลาย เป็นไอออนลำไอออนทั้งสองจะถูกบังคับให้ผ่านเครื่องแยกไอออนชุด เดียวกัน ดังนั้นไอออนทั้งหมดจะได้รับอิทธิพลจากสนามแม่เหล็กในสภาวะเดียวกัน แต่ถูกตรวจและวัดด้วยเครื่อง detector แยกกันซึ่งมีข้อดีคือทำให้สามารถวัดมวลได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

2.9 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ปัจจุบันการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเข้ามามีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมเกษตรมากขึ้น เพราะลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยคุณภาพที่ส่งผลต่อการยอมรับหรือไม่ยอมรับของผู้บริโภค การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นศาสตร์ประยุกต์เกี่ยวกับมนุษย์ มีการนำสถิติและคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้การประเมินมีประสิทธิภาพมากขึ้น บริษัทสามารถใช้ข้อมูลทางประสาทสัมผัสในการตัดสินใจทางธุรกิจ การเจรจาต่อรองซื้อขายผลิตภัณฑ์ การสร้างโอกาสทางการตลาดให้เหนือกว่าบริษัทคู่แข่งขัน นอกจากนี้การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสยังมีบทบาทสำคัญในการประกันคุณภาพผลิตภัณฑ์ภายในโรงงานได้แก่ การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพ การจัดระดับชั้น การพัฒนาขั้นตอนและวิธีการทดสอบ และการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าต่าง ๆ ในโรงงาน ดังนั้นบางบริษัทจึงอาจจำเป็นต้องมีห้องปฏิบัติการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสและผู้ทดสอบชิมที่มีความชำนาญในการทดสอบผลิตภัณฑ์ของบริษัท (ธงชัย สุวรรณสิชณ์, 2549)

2.9.1 ประเภทของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารจำเป็นต้องใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเสมือนเครื่องมือในการประเมินหรือตรวจวิเคราะห์ โดยทั่วไปผู้ทดสอบชิมหรือผู้ประเมินทางด้านประสาทสัมผัสสามารถจำแนกได้ 4 ประเภท คือ ผู้ทดสอบบริโภค (consumer panel) ผู้ทดสอบชิมจำลองผู้บริโภค (consumer-type panel) ผู้ทดสอบชิมในระดับห้องปฏิบัติการ (laboratory panel) และผู้ทดสอบชำนาญการ (expert tester or trained panel) (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545) โดยพื้นฐานความแตกต่างหลักระหว่างกลุ่มผู้ทดสอบชิมทั้งสามประเภท คือ จำนวนบุคคลที่ใช้ในระหว่างการประเมินและวิธีของการคัดเลือกและฝึกฝน

ก. ผู้ทดสอบบริโภค (consumer panel)

ผู้ทดสอบบริโภคหรือผู้บริโภคทั่วไป โดยปกติจะใช้ผู้ทดสอบประเภทนี้จำนวนมากกว่า 100 คน เนื่องจากความแปรปรวนค่อนข้างสูง เพื่อลดความแปรปรวนให้น้อยที่สุด จึงมีการเพิ่มจำนวนผู้ทดสอบบริโภคให้มากขึ้น (Caul and Raymond, 1965) สำหรับผู้ทดสอบบริโภค ผู้ประเมินดังกล่าวจะไม่ได้รับการฝึกฝน (Martin, 1973) และไม่คาดหวังว่าจะต้องทำการทดสอบก่อน ผู้

ประเมินแต่ละคนจะต่องมีการทดสอบซ้ำ ดังนั้นอาจจะเกิดปัญหาเรื่องภาษาที่ใช้ในการทดสอบผลิตภัณฑ์ ด้วยเหตุนี้การทดสอบผู้บริโภคจึงเป็นการทดสอบความชอบ (preference) และการยอมรับผลิตภัณฑ์เป็นหลัก (acceptability or preference) (Gatchalian, 1981)

ข. ผู้ทดสอบชิมจำลองผู้บริโภค (consumer-type panel)

ประเภทของผู้ทดสอบชิมนี้จำนวนผู้ทดสอบชิมมักจะอยู่ในช่วง 40-100 คน (Dryden and Hills, 1957) การใช้ผู้ทดสอบชิมที่มีจำนวนมาก ทำให้ผลการทดสอบเป็นที่น่าเชื่อถือมากขึ้น (Caul and Raymond, 1965; Cochran and Cox, 1975; Gatchalian, 1981) การประเมินก็สามารถจำแนกว่าเป็นการใช้ผู้ทดสอบจำลองผู้บริโภคได้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ผู้ทดสอบจำลองผู้บริโภคจะคัดเลือกจากกลุ่มผู้ใช้แรงงานของโรงงานเอง หรือบุคลากร หรือนักศึกษาตามสถาบันการศึกษา ซึ่งจะได้ผู้ทดสอบชิมตัวแทนที่มีกลุ่มอายุ อัตราส่วนเพศที่แตกต่างกัน รวมทั้งระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน ถ้าหากมีการสุ่มตัวอย่างที่ดีแล้ว จำนวนของผู้ทดสอบชิมที่เพียงพออาจจะใช้เป็นตัวแทนของผู้บริโภคได้ ผู้ทดสอบจำลองผู้บริโภคจะมีความสัมพันธ์กับผู้บริโภคโดยตรง มากกว่าผู้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Calvin and Sather, 1959; Sather and Calvin, 1960)

ค. ผู้ทดสอบชิมในห้องปฏิบัติการ (laboratory panel)

ผู้ประเมินทางประสาทสัมผัสกลุ่มนี้ส่วนใหญ่มักเป็นผู้ที่มีหน้าที่หรือมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตหรือปฏิบัติการในอุตสาหกรรมอาหาร (ศุกฤตย์ ไทยอุดม, 2547) การใช้ผู้บริโภคในห้องปฏิบัติการนั้นจะใช้ในงานที่มีลักษณะเป็นงานวิจัย หรือการควบคุมคุณภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสายงานด้านอาหารพบว่าจะมีประโยชน์อย่างมากในงานการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร รวมทั้งการสร้างระดับของคุณภาพ และการศึกษาด้านกลิ่น รสชาติของผลิตภัณฑ์ในโรงงานอุตสาหกรรมหรือสถาบันทางวิชาการ ผู้ทดสอบในห้องปฏิบัติการมีบทบาทที่สำคัญในการทดสอบหาความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ (Bressan and Behling, 1977) และจำแนกลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์คุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยรวม เป็นต้น สามารถใช้เป็นผู้ทดสอบในลักษณะที่เป็นเครื่องมือที่มีความไวในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (Dawson, Brogdon and McManus, 1963) และสามารถใช้วัดคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่เป็นเหตุเป็นผลและมีความเที่ยงตรง (Gatchalian, 1981) โดยเฉพาะในสายงานด้านอาหาร

ง. ผู้ทดสอบชำนาญการ (expert tester or trained panel)

ผู้ประเมินประเภทนี้จะต้องได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง จนทำให้เกิดความชำนาญในการประเมินหรือทดสอบด้วยการชิมผลิตภัณฑ์ชนิดนั้น (ศุกฤตย์ ไทยอุดม, 2547) ปัจจุบันมักนิยมใช้ผู้ทดสอบชำนายการในการประเมินผลิตภัณฑ์ เช่น ไวน์ กาแฟ และยาสูบ (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545)

2.9.2 วิธีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพด้วยประสาทสัมผัสเป็นการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญวิธีการหนึ่ง เช่นเดียวกับวิธีการทดสอบทางเคมี และทางจุลินทรีย์ สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับความรู้สึกด้านลักษณะทางประสาทสัมผัสที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ในเชิงวิเคราะห์ (analytical data) และให้ข้อมูลความรู้สึกด้านความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ (affective data) ข้อมูลดังกล่าวเป็นประโยชน์ต่อบริษัทมากในการผลักดันให้สินค้าประสบความสำเร็จและเป็นที่ยอมรับในตลาด สามารถแข่งขันทางการค้า วิธีการทดสอบและผู้ทดสอบเป็นปัจจัยที่สำคัญมากใน

วิธีการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสมีวิธีการใหญ่ ๆ สามารถแบ่งออกได้ 3 วิธีการ ดังนี้

ก. การทดสอบเพื่อหาความแตกต่าง (difference or discriminatory tests)

การทดสอบหาความแตกต่าง จะใช้ในการทดสอบหาความแตกต่างที่ปรากฏระหว่างผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่กำลังทดสอบ ผู้ทดสอบชิมจะไม่ถูกอนุญาตให้ทดสอบตามความรู้สึกของตนเองว่าชอบหรือไม่ชอบผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่กำลังทดสอบนั้น ๆ อิทธิพลจากความรู้สึกส่วนตัวของผู้ทดสอบชิมควรถูกกำจัดไป การทดสอบหาความแตกต่างในห้องปฏิบัติการสามารถนำมาใช้ได้ถ้าผลิตภัณฑ์ตัวอย่างมีความแตกต่างระหว่างตัวอย่างการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบหาความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545) โดยรูปแบบของการทดสอบหาความแตกต่างสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบคือ การทดสอบเพื่อหาความแตกต่างโดยรวมทั้งหมด (overall difference tests) และการทดสอบเพื่อหาความแตกต่างลักษณะเฉพาะทางประสาทสัมผัส (attribute difference tests) (ธงชัย สุวรรณสิชฌน์, 2549) วิธีการทดสอบ เช่น triangle test, simple paired comparisons test, multiple paired comparisons test, scheffe' paired comparisons test, duo-trio test, ranking test, multiple comparisons test และ Scoring test

ข. การทดสอบในเชิงพรรณนา (descriptive test)

การทดสอบในเชิงพรรณนาใช้ในการทดสอบเค้าโครงธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ เช่น เค้าโครงทางด้านกลิ่น และเค้าโครงทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และความแตกต่างเนื่องมาจากความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง การทดสอบในเชิงพรรณนาเป็นการทดสอบผลิตภัณฑ์แบบหนึ่ง และส่วนหนึ่งเป็นการวิเคราะห์งานของผู้ทดสอบชิมด้วยซึ่งผู้ทดสอบชิมจะช่วยในเรื่องคำศัพท์ที่จะใช้พรรณนาลักษณะของผลิตภัณฑ์จะเห็นได้ว่าการทดสอบแบบนี้จะมีการทำงานเป็นกลุ่มก้อนเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ดีและจึงจะทดสอบผลิตภัณฑ์เดี่ยวทีหลัง เช่นจะมีการทดสอบลักษณะบางอย่างเทียบเคียงกับลักษณะอื่น ๆ ทั่วไปก่อน และพยายามสรุปว่าลักษณะที่กำลังต้องการอยู่นั้น น่าจะคล้ายกับ

สารประกอบตัวใด หรือเหมือนสารตัวใด เพื่อให้ทุกคนที่ทดสอบมีความเข้าใจตรงกันก่อน วิธีการทดสอบในเชิงพรรณนานี้สามารถแบ่งออกเป็น

(1.) การทดสอบแบบการใช้สเกลและคะแนน (scoring and Scaling)

(2.) การทดสอบในเชิงพรรณนาเค้าโครงทางด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ (flavor profile)

(3.) การทดสอบในเชิงพรรณนาเค้าโครงทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (texture profile)

(4.) การทดสอบในเชิงพรรณนาปริมาณ (quantitative descriptive analysis; QDA)

(5.) การทดสอบเค้าโครงในอุดมคติ (ideal ratio profile)

ค. การทดสอบความชอบหรือความนิยมหรือการทดสอบการยอมรับ (preference /acceptancetests)

การทดสอบความชอบ หรือความนิยม หรือการยอมรับ เป็นวิธีการที่วัดความชอบหรือวัดจากความชอบที่ใกล้เคียงกับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่กำลังทดสอบ วัดจากความรู้สึกส่วนตัวของผู้ทดสอบชิมที่ตอบสนองต่อผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่กำลังทดสอบการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ การทดสอบความชอบ หรือการยอมรับนี้เป็นการวัดความชอบจากความรู้สึกส่วนตัวของผู้บริโภคที่ไม่มีการฝึกฝน (untrained panels) จึงจำเป็นต้องใช้ผู้ทดสอบค่อนข้างมาก เพื่อให้ได้ข้อสรุปและผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่น่าเชื่อถือ วิธีการเปรียบเทียบตัวอย่างแบบคู่ (paired comparisons methods) วิธีใช้สเกลความชอบ (scoring methods) และวิธีการเรียงลำดับ (ranking methods)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างวิเคราะห์และทดสอบคุณสมบัติทั้งหมดดังนี้

3.1.1 เครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย (NIRO A/S, Denmark)

3.1.2 เครื่องลดขนาดอนุภาคไขมันระบบสองความดัน (Homogenizer รุ่น 15 MR-8TA, APV Gaulin Inc., Massachusetts, USA)

3.1.3 เครื่องปั่นไอศกรีม (Freezer Model 103, Taylor Company, USA)

3.1.4 ห้องแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส (PTV19T/43, Montecchio, Italy)

3.1.5 ห้องแช่แข็งที่ -21 องศาเซลเซียส (NT34T/404/43, Montecchio, Italy)

3.1.6 ตู้แช่แข็งที่ -35 องศาเซลเซียส (ULT2540-5V36, Kendro Laboratory Products, USA)

3.1.7 เทอร์โมมิเตอร์

3.1.8 hand refractmeter

3.1.9 เครื่องวัด water activity

3.1.10 aluminum dish

3.1.11 อุปกรณ์เครื่องครัวต่าง ๆ เช่น เตาแก๊ส หม้อสแตนเลส

3.1.12 ขวดเก็บตัวอย่างสำหรับ SPME (vial ขนาด 20 มิลลิลิตร)

3.1.13 ไฟเบอร์ 3 เฟส ชนิด divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS) สำหรับวิเคราะห์สารตัวอย่างด้วยวิธี head space

3.1.14 คอลัมน์ที่ใช้ในการแยกสารระเหยง่ายชนิด DB-wax column (60 m x 0.3mm x 0.25 μm)

3.1.15 เครื่อง gas chromatography (CP-3800 , Varian, Darmstadt, Germany)

3.1.16 เครื่อง mass spectrophotometer (MS-1200 L, Varian, Darmstadt, Germany)

3.2 วัตถุดิบ

3.2.1 ใบเตยหอม และตะไคร้ ซื้อจากตลาดสุรนคร ตลาดการเคหะฯ ตลาดแม่กิมเฮง ในจังหวัดนครราชสีมา

3.2.2 มอลโตรเด็กซ์ตริน (DE10-12) จากบริษัท Shandong Xiwang Starch Co., LTD, ประเทศจีน

3.2.3 เบต้า-ไซโคลเด็กซ์ตริน จากบริษัท รามา ฟู้ด โปรดักส์

3.2.4 น้ำตาลทรายขาว จากบริษัท รวมเกษตรกรอุตสาหกรรม จำกัด, ประเทศไทย

3.2.5 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (soy protein isolate: SPI) จากบริษัท Solae Company, สหรัฐอเมริกา

3.2.6 น้ำมันถั่วเหลือง จากบริษัท น้ำมันพืชไทย จำกัด (มหาชน), ประเทศไทย

3.2.7 กลูโครสไซรัป (42 DE) จากบริษัท คอร์นโปรดักส์ อะมาร์ดาส (ประเทศไทย) จำกัด, ประเทศไทย

3.2.8 สารให้ความคงตัว ฟุลฟิล 400 (fulfil 400) จากบริษัท SKW Biosystems Co., LTD, ประเทศฝรั่งเศส

3.3 สูตรส่วนผสมและการเตรียมตัวอย่างไอศกรีม

3.3.1 สูตรส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม

สูตรส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมถั่วเหลือง (ถนอมดวง แซ่ลิ, 2549) ประกอบด้วย 1) โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองร้อยละ 4.8 โดยน้ำหนัก 2) น้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก 3) น้ำตาลซูโครสร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก 4) สารเพิ่มความคงตัวทางการค้า (fulfil®) ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก 5) กลูโครสไซรัป (42 DE) ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก

3.3.2 การเตรียมตัวอย่างส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมและตัวอย่างไอศกรีมแช่แข็ง

ดัดแปลงจากวิธีการของ Marshall and Arbuckle (1996) และ Goff, Verespej, and Smith (1999)

ละลายโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองในน้ำเปล่า จากนั้นนำไปอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จึงเติมส่วนผสมแห้งของน้ำตาลทราย สารเพิ่มความคงตัว (fulfil 400) ลงไป ทำการผสมให้ส่วนผสมแห้งละลาย เพิ่มอุณหภูมิให้ได้ 75 องศาเซลเซียส จึงเติม 42 DE กลูโคสซีรัป และน้ำมันถั่วเหลืองลงไป ตามลำดับและทำการพาสเจอไรส์ส่วนผสมทั้งหมดที่ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นจึงนำส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมไปลดขนาดอนุภาคเม็ดไขมันด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ 2 ระดับความดัน (15 MR-8TA, APV Gaulin Inc, Massachusetts, USA) โดยความ

ดันแรกเท่ากับ 2,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และความดันที่สองเท่ากับ 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส แล้วทำให้เย็นโดยเร็วในภาชนะในอ่างน้ำแข็ง นำตัวอย่างส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมไปบ่มในห้องแช่เย็น (PTV19T/43, Montecchio, Italy) ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ส่วนการเตรียมตัวอย่างไอศกรีมแช่แข็ง ทำได้โดยนำผสมพร้อมทำไอศกรีมที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เข้าเครื่องปั่นไอศกรีม (Model 103, Taylor Company, Illinois, USA) เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นจึงบรรจุไอศกรีมที่ได้ลงในภาชนะและเก็บในตู้แช่แข็ง (ULT2540-5V36, Kendro Laboratory Products, USA) ที่อุณหภูมิ -35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงย้ายไปเก็บในห้องแช่แข็ง (NT34T/404/43, Montecchio, Italy) ที่อุณหภูมิ -21 องศาเซลเซียส เพื่อรอการทดสอบต่อไป

3.4 สารสกัดที่ให้กลิ่นรสในใบเตยหอมและตะไคร้ที่ได้มาจากการทำแห้งแบบพ่นกระจายหรือการสกัดด้วยน้ำ

3.4.1 หาสูตรที่เหมาะสมจากการสกัดด้วยน้ำ

นำใบเตยสด หรือตะไคร้สดมาล้างให้สะอาดและสะเด็ดน้ำให้แห้ง หั่นให้เป็นชิ้นที่มีขนาดความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร จากนั้นนำใบเตย หรือตะไคร้ที่หั่นแล้วบดผสมกับน้ำสะอาด โดยทำการแปรปริมาณใบเตยสด หรือตะไคร้สด 3 ระดับ ต่อ น้ำ 1 ระดับ ได้แก่ 1) ใบเตยสด หรือตะไคร้สด 10 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม 2) ใบเตยสด หรือตะไคร้สด 15 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม และ 3) ใบเตยสด หรือตะไคร้สด 20 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม (สุนทรี วราอุบล, 2545) นำไปปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร (Model 327, Moulinex, Spain) ที่ความเร็วรอบเบอร์ 3 เป็นเวลานาน 30 วินาที กรองน้ำใบเตยที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น จากนั้นนำไปทดสอบต่อไป

การประเมินผลทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสในระดับปฏิบัติการ (laboratory panel) จำนวน 30 คน จากสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale ซึ่งจะทำการแปรระดับความรู้สึกของผู้ทดสอบชิมเป็นตัวเลข เช่น ชอบมากที่สุดมีคะแนนเป็น 9 และไม่ชอบมากที่สุดมีคะแนนเป็น 1 ทดสอบความชอบด้าน สี กลิ่น รส และการยอมรับรวม (Knuckles, Hudson, Chiu and Sayre, 1997; Min, Tony Jin and Howard Zhang, 2003; Jatupornpipat and Keatikumjorn, 2007; Inyang and Zakari, 2008; Kinyuro, Kenji and Njoroge, 2009) เสิร์ฟตัวอย่างแก่ผู้ทดสอบตัวอย่างละประมาณ 40 มิลลิลิตร ภาชนะที่ใช้เป็นถ้วยพลาสติกสีขาว มีฝาปิด กำกับตัวอย่างโดยใช้เลขสุ่ม 3 หลัก จากตารางเลขสุ่ม อุณหภูมิขณะเสิร์ฟตัวอย่าง คือ อุณหภูมิห้อง ประมาณ 25 องศาเซลเซียส

3.4.2 หาสูตรที่เหมาะสมจากการสกัดด้วยน้ำและแปรรูปให้อยู่ในรูปผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย

เมื่อได้สูตรที่เหมาะสมจากการสกัดด้วยน้ำ (ข้อ 3.4.1) นำน้ำใบเตยสด หรือน้ำตะไคร้สดที่ได้จากข้อ 3.4.1 เติม β-cyclodextrin (BCD) ในอัตราส่วน 1 กรัม (Federal Register, 2002) และแปรปริมาณ maltodextrin (DE 12) เป็น 5 ระดับ คือ 2, 4, 6, 8 และ 10 กรัม ต่อน้ำใบเตยสดหรือน้ำตะไคร้สด 100 กรัม แล้วจึงนำส่วนผสมดังกล่าวมาผ่านกระบวนการทำให้แห้งเป็นผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายที่สภาวะ inlet temperature :135 องศาเซลเซียส, outlet temperature : 70 องศาเซลเซียส, feed rate : 2 rpm หรือ 6.5 มิลลิลิตรต่อ นาที และ atomizer pressure: 1.5-2.0 psi (ถนอมดวง แซ่ลิ, 2550) เก็บตัวอย่างที่ได้ในซองอะลูมิเนียมฟลอยด์เคลือบพลาสติก 2 ชั้น ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทดสอบต่อไป

การประเมินผลทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสในระดับปฏิบัติการ จำนวน 30 คน จากสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ใช้วิธี ranking test เรียงลำดับความชอบของกลิ่นรสใบเตย และกลิ่นรสตะไคร้ โดยให้ลำดับที่ 1 ชอบมากที่สุด และลำดับที่ 5 ชอบน้อยที่สุด เตรียมตัวอย่างโดยนำผลิตภัณฑ์ใบเตยผง หรือตะไคร้ผงมาละลายน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วนใบเตยผง หรือตะไคร้ผงต่อน้ำ เท่ากับ 1:100 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีชิมและดมกลิ่น เสิร์ฟตัวอย่างแก่ผู้ทดสอบตัวอย่างละประมาณ 40 มิลลิลิตร ภาชนะที่ใช้เป็นถ้วยพลาสติกสีขาว มีฝาปิด กำกับตัวอย่างโดยใช้เลขสุ่ม 3 หลัก จากตารางเลขสุ่ม อุณหภูมิขณะเสิร์ฟตัวอย่าง คืออุณหภูมิห้อง ประมาณ 25 องศาเซลเซียส

3.5 การศึกษาปริมาณสารที่ให้กลิ่นรสของใบเตยหอม และตะไคร้ที่สามารถกลบกลิ่นถั่ว (beany flavour)

3.5.1 หาขีดจำกัดต่ำสุด (threshold) กลิ่นรสจากใบเตยหอม และตะไคร้ ทั้ง 2 แบบ คือ แบบน้ำใบเตยสด น้ำตะไคร้สด และ น้ำใบเตยผง น้ำตะไคร้ผง

เตรียมตัวอย่างโดยแปรระดับความเข้มข้นของน้ำใบเตยสด และน้ำตะไคร้สด โดยคำนวณจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด ที่ได้จากข้อ 3.4.1 ตัวอย่างละ 7 ระดับ โดยแปรระดับความเข้มข้นของน้ำใบเตยสดต่อน้ำ ได้แก่ 3.03, 6.05, 12.10, 24.20, 48.40, 96.80 และ 193.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แปรระดับความเข้มข้นของน้ำตะไคร้สดต่อน้ำ ได้แก่ 3.63, 7.25, 14.00, 29, 58, 116 และ 232 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แปรระดับความเข้มข้นของใบเตยผง และตะไคร้ผง โดย

คำนวณจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำก่อนการทำแห้งแบบพ่นกระจาย ตัวอย่างละ 7 ระดับ โดยแปรระดับความเข้มข้นของใบเตยผงต่อน้ำ ได้แก่ 0.15, 0.3, 0.6, 1.2, 2.4, 4.8 และ 9.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแปรระดับความเข้มข้นของตะไคร้ผงต่อน้ำ ได้แก่ 0.16, 0.32, 0.64, 1.28, 2.56, 5.12 และ 10.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยนำผลิตภัณฑ์ใบเตยผง หรือตะไคร้ผงมาละลายน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

การทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสในระดับปฏิบัติการ (laboratory panel) ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาโทและปริญญาเอกจากสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำนวน 20 คน ทดสอบแบบ ascending force-choice ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยการชิมและดมกลิ่น (Meilgaaed, Civille and Carr, 1999) เสริฟตัวอย่างแก่ผู้ทดสอบตัวอย่างละประมาณ 40 มิลลิลิตร ทีละตัวอย่าง ภาชนะที่ใช้เป็นถ้วยพลาสติกสีขาว มีฝาปิด อุณหภูมิขณะเสริฟตัวอย่างคือ อุณหภูมิห้อง ประมาณ 25 องศาเซลเซียส

3.5.2 หาขีดจำกัดต่ำสุด (threshold) กลิ่นรสจากใบเตยหอม และตะไคร้ที่เติมลงไปในสารละลายของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมีความเข้มข้นเท่ากับปริมาณของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (ร้อยละ 4.8) ที่พบในไอศกรีม

เตรียมตัวอย่างโดยแปรระดับเริ่มที่ความเข้มข้นที่ได้จากข้อ 3.5.1 ตัวอย่างละ 7 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสในระดับปฏิบัติการ (laboratory panel) จำนวน 20 คน กลุ่มเดียวกับที่ใช้ทดสอบทางประสาทสัมผัสจาก ข้อ 3.5.1 ทดสอบแบบ ascending force-choice ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยการชิมและดมกลิ่น (Meilgaaed, Civille and Carr, 1999) เสริฟตัวอย่างแก่ผู้ทดสอบตัวอย่างละประมาณ 40 มิลลิลิตร ทีละตัวอย่าง ภาชนะที่ใช้เป็นถ้วยพลาสติกสีขาว มีฝาปิด อุณหภูมิขณะเสริฟตัวอย่าง คือ อุณหภูมิห้อง ประมาณ 25 องศาเซลเซียส

3.5.3 หาขีดจำกัดต่ำสุด (threshold) กลิ่นรสจากใบเตย ทั้ง 2 แบบ คือ แบบน้ำใบเตยสด และ ใบเตยผง ที่เติมลงไปในไอศกรีมที่มีโปรตีนสกัดและน้ำมันถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบ

เตรียมตัวอย่างไอศกรีมโดยแปรระดับเริ่มที่ความเข้มข้นที่ได้จากข้อ 3.5.2 ตัวอย่างละ 7 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสในระดับปฏิบัติการ จำนวน 20 คน กลุ่มเดียวกับที่ใช้ทดสอบทางประสาทสัมผัสจากข้อ 3.5.1 ทดสอบแบบ ascending force-choice ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยการชิมและดมกลิ่น (Meilgaaed, Civille and Carr, 1999) เสริฟตัวอย่างแก่ผู้ทดสอบตัวอย่างละประมาณ 40 มิลลิลิตร ทีละตัวอย่าง ภาชนะที่ใช้เป็นถ้วยพลาสติกสีขาว มีฝาปิด อุณหภูมิขณะเสริฟตัวอย่างคือ อุณหภูมิ ประมาณ -18 องศาเซลเซียส

3.5.4 หาขีดจำกัดต่ำสุด (threshold) กลิ่นรสจากตะไคร้ ทั้ง 2 แบบ คือ แบบน้ำตะไคร้สด และ ตะไคร้ผง ที่เติมลงไปในไอศกรีมที่มีโปรตีนสกัดและน้ำมันถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบ

เตรียมตัวอย่างไอศกรีมโดยแปรระดับเริ่มที่ความเข้มข้นที่ได้จากข้อ 3.5.2 ตัวอย่างละ 7 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสในระดับปฏิบัติการ จำนวน 20 คน กลุ่มเดียวกับที่ใช้ทดสอบทางประสาทสัมผัสจากข้อ 3.5.1 ทดสอบแบบ ascending force-choice ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยการชิมและดมกลิ่น (Meilgaaed, Civille and Carr, 1999) เสริฟตัวอย่างแก่ผู้ทดสอบตัวอย่างละประมาณ 40 มิลลิลิตร ทีละตัวอย่าง ภาชนะที่ใช้เป็นถ้วยพลาสติกสีขาว มีฝาปิด อุณหภูมิขณะเสริฟตัวอย่างคือ อุณหภูมิ ประมาณ -18 องศาเซลเซียส

3.6 การศึกษาผลของกลิ่นรสของใบเตยหอมและตะไคร้ที่มีต่อกลิ่นถั่ว ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มี การใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและน้ำมันถั่วเหลือง

3.6.1 คัดเลือกสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยหอมและตะไคร้

เตรียมตัวอย่างไอศกรีมโดยแปรระดับเริ่มที่ความเข้มข้นที่ได้จากข้อ 3.5.3 และ 3.5.4 สูตรละ 3 ระดับ เพื่อคัดเลือกสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสด ใบเตยผง น้ำตะไคร้สด และตะไคร้ผง ตัวอย่างละ 1 สูตร ใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสในระดับปฏิบัติการ ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาโทและปริญญาเอกจากสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำนวน 30 คน โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale ซึ่งจะทำการแปรระดับความรู้สึกของผู้ทดสอบชิมเป็นตัวเลข เช่น ชอบมากที่สุดมีคะแนนเป็น 9 และไม่ชอบมากที่สุดมีคะแนนเป็น 1 ทดสอบความชอบด้าน สี กลิ่นรส และการยอมรับรวม (Knuckles, Hudson, Chiu and Sayre, 1997; Min, Tony Jin and Howard Zhang, 2003; Jatupornpipat and Keatikumjorn, 2007; Inyang and Zakari, 2008; Kinyuro, Kenji and Njoroge, 2009) เสริฟตัวอย่างแก่ผู้ทดสอบตัวอย่างละประมาณ 40 มิลลิลิตร ภาชนะที่ใช้เป็นถ้วยพลาสติกสีขาว มีฝาปิด กำกับตัวอย่างโดยใช้เลขสุ่ม 3 หลัก จากตารางเลขสุ่ม อุณหภูมิขณะเสริฟตัวอย่างคืออุณหภูมิประมาณ -18 องศาเซลเซียส

3.6.2 เปรียบเทียบการยอมรับผลิตภัณฑ์และปฏิสัมพันธ์ของกลิ่นรสกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการใช้สารให้กลิ่นรสจากใบเตยหอมและตะไคร้

เตรียมตัวอย่างสูตรไอศกรีมที่ได้จากข้อ 3.6.1 เพื่อเปรียบเทียบการยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการใช้สารให้กลิ่นรสจากใบเตยหอมและตะไคร้ ใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสในระดับปฏิบัติการ (laboratory panel) จากสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำนวน 50 คน โดยใช้วิธี 9-point hedonic

scale ซึ่งจะทำการแปรระดับความรู้สึกของผู้ทดสอบชิมเป็นตัวเลข เช่น ชอบมากที่สุดมีคะแนนเป็น 9 และไม่ชอบมากที่สุดมีคะแนนเป็น 1 ทดสอบความชอบด้าน สี กลิ่นรส และการยอมรับรวม (Knuckless, Hudson, Chiu and Sayre, 1997; Min, Tony Jin and Howard Zhang, 2003; Jatupornpipat and Keatikumjorn, 2007; Inyang and Zakari, 2008; Kinyuro, Kenji and Njoroge, 2009) เสริฟตัวอย่างแก่ผู้ทดสอบตัวอย่างละประมาณ 40 มิลลิลิตร ภาชนะที่ใช้เป็นถ้วยพลาสติกสีขาว มีฝาปิด กำกับตัวอย่างโดยใช้เลขสุ่ม 3 หลัก จากตารางเลขสุ่ม อุณหภูมิขณะเสริฟตัวอย่างคือ อุณหภูมิประมาณ -18 องศาเซลเซียส

3.7 การยืนยันปริมาณสารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากใบเตยหอม และตะไคร้ที่สามารถกลบกลิ่นถั่ว (beany flavour) ด้วยวิธี headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS)

วิเคราะห์สารระเหยในตัวอย่างด้วยเทคนิค HS-SPME-GC-MS (แบบ auto) ใช้ไฟเบอร์ 3 เฟส ชนิด divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS) อุณหภูมิในการวิเคราะห์เพื่อดูดซับสาร 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วย GC-MS คอลัมน์ที่ใช้ในการแยกสารประกอบระเหยง่ายชนิด DB-wax column (60 m x 0.3 mm x 0.25 μm) โดยตั้งสภาวะของเครื่อง GC ดังนี้ อุณหภูมิของ injection port 200 องศาเซลเซียส split ratio 1:10 แก๊สตัวพา คือ ฮีเลียม อัตราการไหลผ่านคอลัมน์ 2.0 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิของคอลัมน์เป็นแบบ temperature program โดยตั้งอุณหภูมิเริ่มต้นคงที่ที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 นาที แล้วเพิ่มด้วยอัตราการเพิ่ม 10 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึงอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสให้คงที่ 5 นาที ปล่อยให้ไฟเบอร์อยู่ใน injection port 20 นาที เพื่อคายการดูดซับพร้อมกับเตรียมไฟเบอร์ก่อนใช้งานกับตัวอย่างต่อไป ระบุ (identify) องค์ประกอบของสารระเหยโดยเปรียบเทียบกับ National Institute of Standards and Technology (NIST) Library (Garzon, Warner, Felker, Palmquist and Eller, 2004; Mahattanatawee, 2008) ตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี HS-SPME-GC-MS มี 12 ตัวอย่าง คือ 1) สารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 2) ขีดจำกัดต่ำสุดที่ได้จากน้ำใบเตยสดที่ใส่ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลือง 3) ขีดจำกัดต่ำสุดที่ได้จากใบเตยผงที่ใส่ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลือง 4) ขีดจำกัดต่ำสุดที่ได้จากน้ำตะไคร้สดที่ใส่ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลือง 5) ขีดจำกัดต่ำสุดที่ได้จากตะไคร้ผงที่ใส่ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลือง 6) ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ยังไม่ได้ปรับปรุงกลิ่นรส 7) ขีดจำกัดต่ำสุดที่ได้จากไอศกรีมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสด 8) ขีดจำกัดต่ำสุดที่ได้จากไอศกรีมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยผง 9) ขีดจำกัดต่ำสุดที่ได้จากไอศกรีมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สด 10) ขีดจำกัดต่ำสุดที่ได้จากไอศกรีม

ถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้ผง 11) ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสดหรือใบเตยผงที่ผู้ทดสอบยอมรับเมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสด และไอศกรีมถั่วเหลืองที่ยังไม่ได้ปรับปรุงกลิ่นรส และ 12) ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สดหรือตะไคร้ผงที่ผู้ทดสอบยอมรับเมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สด และไอศกรีมถั่วเหลืองที่ยังไม่ได้ปรับปรุงกลิ่นรส

3.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี duncant' s new multiple rank test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 17.0 (SPSS Inc., Illinois, USA)

3.9 สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

ห้องปฏิบัติการแปรรูปอาหาร ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมอาหาร ห้องปฏิบัติการเคมีอาหาร ฝ่ายวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ 1 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิจารณ์

4.1 ผลของการศึกษาวิธีการสกัดกลิ่นรสจากใบเตยสด และตะไคร้สดด้วยน้ำ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ประเมินจำนวน 30 คน ประเมินตัวอย่างน้ำใบเตยสด และน้ำตะไคร้สด จากการใช้อัตราส่วนใบเตยสด ต่อน้ำ เท่ากับ 10:100, 15:100 และ 20:100 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) พบว่าตัวอย่างน้ำใบเตยสดที่มีการใช้อัตราส่วนใบเตยสด 10 และ 15 กรัม มีคะแนนความชอบด้าน สี และความชอบด้านกลิ่น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.63 และ 6.53 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง) ตามลำดับ และมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นเท่ากับ 6.87 และ 6.93 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง) ตามลำดับ และมีคะแนนความชอบด้านสี และกลิ่นสูงกว่าตัวอย่างน้ำใบเตยสดที่มีการใช้อัตราส่วนใบเตยสด 20 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ตารางที่ 4.3) เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมพบว่า ตัวอย่างน้ำใบเตยสดที่มีการใช้อัตราส่วนใบเตยสด 10 กรัม มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างน้ำใบเตยสดที่มีการใช้อัตราส่วนใบเตยสด 15 และ 20 กรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และพบว่าตัวอย่างน้ำใบเตยสดที่มีการใช้ใบเตยสด 15 และ 20 กรัม มีคะแนนความชอบด้านรส ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 2.33 และ1.80 (ไม่ชอบมาก จนถึง ไม่ชอบมากที่สุด) ตามลำดับ และมีคะแนนความชอบด้านรสต่ำกว่าตัวอย่างน้ำใบเตยสดที่มีการใช้อัตราส่วนใบเตยสด 10 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) จะเห็นได้ว่าคะแนนที่ได้ทั้ง 3 ตัวอย่างอยู่ในระดับที่ต่ำคือ อยู่ในช่วง “ไม่ชอบเล็กน้อย จนถึงไม่ชอบมากสุด” เนื่องจากน้ำใบเตยสดมีกลิ่นเหม็นเขียว และมีรสขมซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ สุนทรี วราอุบล (2545) ที่ศึกษาถึงการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำใบเตยผง รายงานว่าน้ำใบเตยสดมีลักษณะกลิ่นเหม็นเขียว รสฝาด เฝื่อน และขม เมื่อพิจารณาน้ำใบเตยสดที่มีการใช้อัตราส่วนใบเตยสดเพิ่มขึ้นจะทำให้รสขมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากในใบเตยสดมีสารประเภท alkaloids ซึ่ง เป็นสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่จะมีรสขม ไม่ละลายน้ำ นอกจากนี้ในใบเตยยังมี glycoside และ tannin ทำให้เกิดรสฝาดได้ด้วย (Jather, 2010)

จากตารางที่ 4.4 พบว่าตัวอย่างน้ำตะไคร้สดที่มีการใช้อัตราส่วนตะไคร้สด 10, 15 และ 20 กรัม มีคะแนนความชอบด้านสี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.03, 6.27 และ 5.47 (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบถึงชอบเล็กน้อย) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณา คะแนนความชอบด้านกลิ่น รส และการยอมรับโดยรวม พบว่าตัวอย่างน้ำตะไคร้สดที่มีการใช้อัตราส่วน

ตะไคร้สด 10 และ 15 กรัม มีคะแนนความชอบด้านกลิ่น ความชอบด้านรส และความชอบด้านการยอมรับโดยรวม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.47 และ 6.90 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง) ตามลำดับ มีคะแนนความชอบด้านรสเท่ากัน คือ 5.90 (ชอบเล็กน้อย) และมีคะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 6.07 และ 6.37 (ชอบเล็กน้อย) ตามลำดับ และคะแนนสูงกว่าตัวอย่างน้ำตะไคร้สดที่มีการใช้อัตราส่วนตะไคร้สด 20 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังนั้นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่มีการใช้ใบเตยสดต่อน้ำ และตะไคร้สดต่อน้ำ คือ 10:100 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) จากสูตรที่ได้นี้จะนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาขีดเริ่มรู้สึก (threshold) ของสารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากใบเตย และตะไคร้ต่อไป เพื่อใช้ในการปรับปรุงกลิ่นรส beany ในไอศกรีมที่มีโปรตีนสกัดและน้ำมันจากถั่วเหลือง

4.2 ผลของการศึกษาวิธีการทำแห้งสารสกัดแบบพ่นกระจาย

กลิ่นรสเป็นลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ใบเตยผง และตะไคร้ผง เนื่องจากเป็นหนึ่งในคุณภาพที่เป็นตัวกำหนดการยอมรับของผู้บริโภค จากตารางที่ 4.1 พบว่าอัตราส่วนที่มีการใช้ใบเตยสดต่อน้ำ และตะไคร้สดต่อน้ำ คือ 10:100 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดน้อยมาก คือ ประมาณ 1.21 ^{o}brix และ 1.45 ^{o}brix ตามลำดับ การทดลองนี้จึงศึกษาถึงผลของ maltodextrin และ β-cyclodextrin ที่ใช้ในการทำแห้งแบบพ่นกระจายต่อคุณภาพด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำใบเตยผงที่ได้ ทั้งนี้เพื่อเลือกระดับ maltodextrin ที่เหมาะสมในการผลิตใบเตยผง และตะไคร้ผงโดยการแปรปริมาณ maltodextrin ตัวอย่างละ 5 ระดับ (ร้อยละ 2, 4, 6, 8 และ 10 น้ำหนักโดยน้ำหนัก) และ β-cyclodextrin ที่ 1 ระดับ (ร้อยละ 1 น้ำหนักโดยน้ำหนัก) ใช้วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส จากผู้ประเมินในระดับปฏิบัติการจำนวน 30 คน เพื่อประเมินตัวอย่างน้ำใบเตยผง และน้ำตะไคร้ผงที่ให้การยอมรับมากที่สุดในเรื่องกลิ่นรส จากตารางที่ 4.5 เมื่อพิจารณาความแตกต่างของตัวอย่างโดยใช้ Friedman' s Rank Test (ตารางที่ 4.6) พบว่าตัวอย่างใบเตยผงที่มีการแปรระดับ maltodextrin ต่างระดับกันมีค่า T เท่ากับ 77.84 ซึ่งมีค่ามากกว่า χ^2 (9.49) ส่งผลให้มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างตัวอย่างโดยใช้ Friedman' s LSD for Rank Test (ตารางที่ 4.7) พบว่าตัวอย่างใบเตยผงที่มีการใช้ maltodextrin ที่ระดับร้อยละ 6 และ 8 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากผลต่างของค่า rank sum มีค่าเท่ากับ 17 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า LSD rank (24.0) และตัวอย่างน้ำใบเตยผงที่จัดลำดับความชอบเป็นลำดับที่ 1 มากที่สุด คือ ตัวอย่างใบเตยผงที่มีการใช้ maltodextrin ที่ระดับร้อยละ 2 ซึ่งมีกลิ่นรสที่หอมมากกว่าตัวอย่างใบเตยผงที่มีการใช้ maltodextrin ที่ระดับร้อยละ 4, 6, 8 และ 10 ($p\leq0.05$) ส่วนตัวอย่างตะไคร้ผงพบว่าทั้ง 5 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) จากผลการทดสอบทาง

ประสาทสัมผัสนี้ แสดงให้เห็นว่า maltodextrin และ β-cyclodextrin ช่วยป้องกันหรือช่วยลดการสูญเสียของสารให้กลิ่นรสของอาหารในระหว่างกระบวนการทำแห้ง (Merritt, 1981; Bhandari, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยอื่นที่ศึกษาผลของ maltodextrin และ β-cyclodextrin ต่อความคงตัวของสารให้กลิ่นรสระหว่างกระบวนการทำแห้ง ได้แก่ Chin, Hamid Nazimash, Quek, Che Man, Rahman และHashim (2010) ศึกษาผลของกระบวนการให้ความร้อนและสภาวะการเก็บรักษาต่อความคงตัวของกลิ่นรสในทุเรียนผง งานวิจัยของ Shiga, Yoshii, Ohe, Yasuda, Furuta, Kuwahara, Ohkawara และLinko (2004) ศึกษาการกักเก็บกลิ่นรสในเห็ด shiitake (*Lenthinus ededes*) โดยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจาย งานวิจัยของ Partanen, Ahro, Hakala, Kallio และ Forssell (2002) ศึกษาผลของ β-cyclodextrin และ modified starches ในการกักเก็บกลิ่นรสของสารสกัดในยี่หร่า และงานวิจัยของ Kuo, Branan และ Lewis (2000) ศึกษาความความคงตัวของสารให้กลิ่นรสในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจายและกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เป็นต้น รายงานการวิจัยเหล่านี้สรุปได้ว่าความคงตัวของสารให้กลิ่นรสจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้ maltodextrin หรือ β-cyclodextrin

ดังนั้นสูตรที่มีการใช้ปริมาณ maltodextrin ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทำแห้งแบบพ่นกระจาย และให้กลิ่นรสหอมของใบเตย และตะไคร้ คือ ที่ระดับร้อยละ 2 ร่วมกับ β-cyclodextrin จากตารางที่ 4.2 พบว่าอัตราส่วนที่มีการใช้ใบเตยสดต่อน้ำ และตะไคร้สดต่อน้ำ คือ 10:100 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) ที่มีการใช้ปริมาณ maltodextrin ที่ระดับร้อยละ 2 ร่วมกับ β-cyclodextrin ก่อนการทำแห้งแบบพ่นกระจาย มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด คือ ประมาณ 3.85 ^{o}brix และ 4.10 ^{o}brix ตามลำดับ % yield ของการทำแห้งของน้ำใบเตยสด และตะไคร้สดมีค่าเท่ากับ 33.49 และ 35.44 ตามลำดับ จากสูตรที่ได้นี้จะนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาขีดเริ่มรู้สึก ของสารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากใบเตย และตะไคร้ต่อไปเพื่อใช้ในการปรับปรุงกลิ่นรส beany ในไอศกรีมที่มีโปรตีนและน้ำมันจากถั่วเหลือง

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำใบเตยสด และน้ำตะไคร้สด จากการใช้ตัวอย่างสด 10 กรัม ต่อน้ำ 100 กรัม

ปัจจัยคุณภาพ	น้ำใบเตย	น้ำตะไคร้สด
สี	เขียว	เหลืองอ่อน
กลิ่น	มีกลิ่นหอมของใบเตย ละมีกลิ่นเหม็นเขียว	มีกลิ่นหอมของตะไคร้
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (^{o}brix)	1.21 ± 0.02	1.45 ± 0.02
a_w	0.996 ± 0.007	0.995 ± 0.005
ปริมาณความชื้นของน้ำใบเตยและน้ำตะไคร้ (% w/w)	98.984 ± 0.029	98.982 ± 0.027

ตารางที่ 4.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของใบเตยผง และตะไคร้ผงที่มีการใช้มอลโตเด็กตรินซ์ที่ระดับร้อยละ 2

ปัจจัยคุณภาพ	ใบเตยผง	ตะไคร้ผง
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (^{o}brix) ของน้ำใบเตยและตะไคร้ก่อนการทำแห้งแบบพ่นกระจาย	3.85 ± 0.20	4.10 ± 0.20
% yield ของการทำแห้ง	33.49 ± 0.32	35.44 ± 0.28
a_w	0.21 ± 0.01	0.23 ± 0.01
ปริมาณความชื้นของผง (% w/w)	2.45 ± 0.05	2.43 ± 0.05

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสวิธีการสกัดสารที่ให้กลิ่นรสด้วยน้ำของใบเตยสด

อัตราส่วนใบเตยสดต่อน้ำ (น้ำหนักโดยน้ำหนัก)	สี	กลิ่น	รส	การยอมรับรวม
10:100	$6.63^{b} \pm 0.07$	$6.87^{b} \pm 0.09$	$3.87^{b} \pm 0.05$	$5.97^{c} \pm 0.07$
15:100	$6.53^{b} \pm 0.06$	$5.93^{b} \pm 0.05$	$2.33^{a} \pm 0.07$	$4.43^{b} \pm 0.02$
20:100	$5.57^{a} \pm 0.06$	$4.60^{a} \pm 0.08$	$1.80^{a} \pm 0.03$	$3.37^{a} \pm 0.04$

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสวิธีการสกัดสารที่ให้กลิ่นรสด้วยน้ำของตะไคร้สด

อัตราส่วนตะไคร้สดต่อน้ำ (น้ำหนักโดยน้ำหนัก)	สี	กลิ่น	รส	การยอมรับรวม
10:100	$6.03^{ns} \pm 0.09$	$6.47^{b} \pm 0.13$	$5.90^{b} \pm 0.11$	$6.07^{b} \pm 0.08$
15:100	$6.27^{ns} \pm 0.11$	$6.90^{b} \pm 0.20$	$5.90^{b} \pm 0.09$	$6.37^{b} \pm 0.13$
20:100	$5.47^{ns} \pm 0.17$	$5.67^{a} \pm 0.28$	$4.57^{a} \pm 0.14$	$4.90^{a} \pm 0.25$

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ค่า Rank sum จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสน้ำใบเตยผงและน้ำตะไคร้ผง

ตัวอย่าง	Rank sum				
	A	**B**	**C**	**D**	**E**
ใบเตยผง	150^{a}	110^{b}	83^{c}	66^{c}	41^{d}
ตะไคร้ผง	100^{ns}	101^{ns}	89^{ns}	82^{ns}	78^{ns}

หมายเหตุ : A, B, C, D and E เป็นสัญลักษณ์ที่แทนการแปรระดับของมอลโตเด็กตรินซ์ ที่ระดับร้อยละ 2, 4, 6, 8 และ 10 ตามลำดับ

: อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างค่า Rank sum ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 Friedman' s Test: Simple Ranking Test

Parameter	**ใบเตยผง**	**ตะไคร้ผง**
Test Statistic (T)	77.84	5.73
Level of Significance (α)	0.05	0.05
χ^2 (df =3)	9.49	9.49

หมายเหตุ : $\chi 2$ เป็นสัญลักษณ์ Chi-Square Distribution ถ้าค่า T คำนวณ $< \chi^2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.7 Fisher's LSD for Rank sum ใบเตยผง

ใบเตยผง	B	C	D	E
A	40*	67*	84*	109*
B		27*	44*	69*
C			17	42*
D				25*

หมายเหตุ : A, B, C, D and E เป็นสัญลักษณ์ที่แทนการแปรระดับของมอลโตเด็กตรินซ์ ที่ระดับร้อยละ 2, 4, 6, 8 และ 10 ตามลำดับ

: * แตกต่างกันระหว่างตัวอย่าง (ค่าในตารางมีค่ามากกว่า LSD_{rank} = 24.0)

ตารางที่ 4.8 Fisher's LSD for Rank sum ตะไคร้ผง

ตะไคร้ผง	B	C	D	E
A	11	-1	18	22
B		-11	7	11
C			19	23
D				4

หมายเหตุ : A, B, C, D and E เป็นสัญลักษณ์ที่แทนการแปรระดับของมอลโตเด็กตรินซ์ ที่ระดับร้อยละ 2, 4, 6, 8 และ 10 ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3 ผลของการศึกษาขีดเริ่มรู้สึก (threshold) ของสารสกัดที่ให้กลิ่นรสในใบเตยหอมและตะไคร้ที่สามารถกลบกลิ่นรส beany

ขีดจำกัดต่ำสุด เป็นค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่มีกลิ่นรสที่ทำให้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส มีการตอบสนองของประสาทการรับกลิ่นรส (สราวุธ เทพานนท์, 2553) การทดลองนี้ศึกษาถึงขีดจำกัดต่ำสุดของสารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากใบเตยหอมและตะไคร้ที่สามารถกลบกลิ่นรส beany ตัวอย่างที่นำมาหาขีดจำกัดต่ำสุด ได้แก่ 1) น้ำใบเตยสดและน้ำตะไคร้สดที่ได้จากข้อ 4.1 ในน้ำ 2) น้ำใบเตยสดและน้ำตะไคร้สดในสารละลายโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4.8 3) น้ำใบเตยสดและน้ำตะไคร้สดในไอศกรีมถั่วเหลือง 4) ใบเตยผงและตะไคร้ผงที่ได้จากข้อ 4.2 ในน้ำ 5) ใบเตยผงและตะไคร้ผงในสารละลายโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4.8 6) ใบเตยผงและตะไคร้ผงในไอศกรีมถั่วเหลือง การทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบในระดับปฏิบัติการ ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาโทและปริญญาเอกจากสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี จำนวน 20 คน การทดสอบโดยใช้วิธีการแบบ ascending force-choice ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยการชิมและดมกลิ่น (Meilgaaed, Civille and Carr, 1999) จากตารางที่ 4.9 ผลที่ได้พบว่าขีดจำกัดต่ำสุดของสารสกัดที่ให้กลิ่นรสของน้ำใบเตยสด และน้ำตะไคร้สดในน้ำ มีค่าเท่ากับ 148.83 และ 63.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ขีดจำกัดต่ำสุดที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารสกัดที่ให้กลิ่นรสในน้ำใบเตยสด และน้ำตะไคร้สดที่เติมลงในสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (ความเข้มข้นร้อยละ 4.8) มีค่าเท่ากับ 327.91 และ 224.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนขีดจำกัดต่ำสุดของสารสกัดที่ให้กลิ่นรสในน้ำใบเตยสดและน้ำตะไคร้สดที่สามารถกลบกลิ่นรสถั่ว (beany) ได้ในไอศกรีม มีค่าเท่ากับ 895.40 และ 339.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ขีดจำกัดต่ำสุดของสารสกัดที่ให้กลิ่นรสในใบเตยผง และตะไคร้ผงในน้ำ มีค่าเท่ากับ 7.3 และ 6.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ เมื่อนำไปใช้ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 4.8 พบว่าขีดจำกัดต่ำสุดที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารสกัดที่ให้กลิ่นรสในใบเตยผง และตะไคร้ผง มีค่าเท่ากับ 265.65 และ 82.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และเมื่อนำไปใช้ในไอศกรีมถั่วเหลืองขีดจำกัดต่ำสุดของสารสกัดที่ให้กลิ่นรสในใบเตยผงและตะไคร้ผงที่สามารถกลบกลิ่นรสถั่ว (beany) ได้ มีค่าเท่ากับ 458.15 และ 147.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และพบว่าในไอศกรีมถั่วเหลืองจำเป็นต้องใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสในใบเตยและตะไคร้เพิ่มขึ้น เนื่องจากองค์ประกอบที่อยู่ในไอศกรีม ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน มีบทบาทที่สำคัญทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ของกลิ่นรสในไอศกรีม (Hatchwell, 1996; Innocente, Marchesini and Biasutti, 2010)

ตารางที่ 4.9 ขีดเริ่มรู้สึก (threshold) ของสารสกัดที่ให้กลิ่นรสในน้ำใบเตยสดและใบเตยผงน้ำตะไคร้สดและตะไคร้ผง ที่สามารถลดกลิ่นรสถั่ว (beany) ได้

ตัวอย่าง	ในน้ำ (mg/kg)	ในสารละลาย soy protein isolate ร้อยละ 4.8 (mg/kg)	ในไอศกรีมถั่วเหลือง (mg/kg)
น้ำใบเตยสด	148.83 ± 0.24	327.91 ± 0.37	895.40 ± 0.51
น้ำตะไคร้สด	63.80 ± 0.35	224.75 ± 0.44	339.3 ± 0.67
ใบเตยผง	7.30 ± 0.13	265.65 ± 0.56	458.15 ± 0.74
ตะไคร้ผง	6.15 ± 0.09	82.00 ± 0.10	147.60 ± 0.17

จากการศึกษาหาขีดจำกัดต่ำสุดของสารสกัดที่ให้กลิ่นรสในใบเตยและตะไคร้ที่ได้นี้นำไปผลิตเป็นไอศกรีมที่มีโปรตีนสกัดและน้ำมันจากถั่วเหลืองเพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมต่อไป

4.4 ผลการคัดเลือกสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยและตะไคร้

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตย พบว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยสารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำใบเตยสด 3 สูตร (น้ำใบเตยสด ร้อยละ 7.40, 16.78 และ 26.16 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก)) สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำใบเตยสดร้อยละ 16.78 และร้อยละ 26.16 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส สีและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.10 และ 6.20 (ชอบเล็กน้อย) ตามลำดับ และมีคะแนนสูงกว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำใบเตยสดร้อยละ 7.40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำใบเตยสดร้อยละ 16.78 และร้อยละ 26.16 มีคะแนนความชอบด้านสี และความชอบด้านการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนความชอบด้านสีเท่ากับ 5.97 และ 6.40 (ชอบเล็กน้อย) ตามลำดับ และ

คะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 6.20 และ 6.50 (ชอบเล็กน้อย) ตามลำดับ และพบว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำใบเตยสดร้อยละ 7.40 และร้อยละ 16.78 มีคะแนนความชอบด้านสีและการยอมรับโดยรวม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนความชอบด้านสีเท่ากับ 5.50 และ 5.97 (ชอบเล็กน้อย) ตามลำดับ และคะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 5.63 และ 6.20 (ชอบเล็กน้อย) ตามลำดับ สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำใบเตยสดร้อยละ 26.16 มีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวมสูงกว่าสูตรไอศกรีมที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำใบเตยสดร้อยละ 7.40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ตารางที่ 4.10)

สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากใบเตยผง 3 สูตร (ใบเตยผงร้อยละ 1.19, 2.19 และ 3.19 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก)) พบว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดจากใบเตยผงร้อยละ 2.19 และสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดจากใบเตยผงร้อยละ 3.19 มีคะแนนความชอบด้านสี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.73 และ 6.93 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง) ตามลำดับและมีคะแนนสูงกว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากใบเตยผงร้อยละ 1.19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสพบว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากใบเตยผงทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 5.90, 6.63 และ 6.40 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง) ตามลำดับ สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากใบเตยผงร้อยละ 2.19 และสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากใบเตยผงร้อยละ 3.19 มีคะแนนความชอบด้านการยอมรับไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.80 และ 6.33 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง)ตามลำดับ แต่สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากใบเตยผงร้อยละ 2.19 มีคะแนนความชอบด้านการยอมรับสูงกว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากใบเตยผงร้อยละ 1.19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ตารางที่ 4.11)

สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำตะไคร้สด 3 สูตร (น้ำตะไคร้สดร้อยละ 2.34, 4.71 และ7.08 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก)) พบว่าคะแนนความชอบด้านสี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.60, 6.13 และ 6.13 ตามลำดับ (ชอบเล็กน้อย) สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำตะไคร้สดร้อยละ 4.71 และสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำตะไคร้สดร้อยละ 7.08 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.10 และ 6.30 (ชอบเล็กน้อย) ตามลำดับ และมีคะแนนสูงกว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำ

ตะไคร้สดร้อยละ 2.34 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนด้านการยอมรับโดยรวมพบว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำตะไคร้สดร้อยละ 4.71 และสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำตะไคร้สดร้อยละ 7.08 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 5.93 และ 6.37 (ชอบเล็กน้อย) ตามลำดับ แต่สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำตะไคร้สดร้อยละ 7.08 มีคะแนนด้านการยอมรับโดยรวมสูงกว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำตะไคร้สดร้อยละ 2.34 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.12) จากการคัดเลือกสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากด้วยตะไคร้ผง 3 สูตร (ตะไคร้ผงร้อยละ 0.36, 0.68 และ 1.0 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก)) พบว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากตะไคร้ผงร้อยละ 0.36 และสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากตะไคร้ผงร้อยละ 0.68 มีคะแนนความชอบด้านสี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.43 และ 6.07 (ชอบเล็กน้อย) ตามลำดับ แต่สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากตะไคร้ผงร้อยละ 0.36 มีคะแนนความชอบด้านสีสูงกว่า สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีสารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากตะไคร้ผงร้อยละ 1.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส พบว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากตะไคร้ผงร้อยละ 0.68 และสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากตะไคร้ผงร้อยละ 1.0 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.63 และ 5.97 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง) ตามลำดับ สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากตะไคร้ผงร้อยละ 0.68 มีคะแนนด้านกลิ่นรสสูงกว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้ตะไคร้ผงร้อยละ 0.36 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากตะไคร้ผงร้อยละ 6.8 และสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากตะไคร้ผงร้อยละ 1.0 มีคะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.03 และ 6.33 (ชอบเล็กน้อย) ตามลำดับ แต่สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากตะไคร้ผงร้อยละ 1.0 มีคะแนนด้านการยอมรับโดยรวมสูงกว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากตะไคร้ผงร้อยละ 0.36 (ตารางที่ 4.13) การใช้สารสกัดที่ให้กลิ่นรสด้วยใบเตยและตะไคร้สามารถช่วยปรับปรุงกลิ่นรสไอศกรีมถั่วเหลืองได้ เป็นผลให้คะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมสูง ดังนั้นสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยและตะไคร้ที่คัดเลือกได้ คือ สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสดร้อยละ 16.78 สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สดร้อยละ 4.71 สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผงร้อยละ 2.19 และสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วย

ตะไคร้ผงร้อยละ 0.68 นำสูตรที่คัดเลือกได้ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสการยอมรับผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรสต่อไป

4.5 ผลการเปรียบเทียบการยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสจากใบเตยและตะไคร้กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการใช้สารให้กลิ่นรสจากใบเตยและตะไคร้

กลิ่นรสมีความสำคัญอย่างมากรวมทั้งมีอิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารของผู้บริโภคได้ กระบวนการผลิต กระบวนการเก็บ บรรจุภัณฑ์รวมถึงส่วนประกอบในอาหาร เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสที่ดี หรือเกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ (off-flavour) ได้ (Lubbers, Landy and Voilley, 1998) จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสดร้อยละ 16.78 สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผงร้อยละ 2.19 และไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตย (ตารางที่ 4.14) พบว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสดร้อยละ 16.78 และสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผงร้อยละ 2.19 มีคะแนนความชอบด้านสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 6.90 และ 6.92 (ชอบปานกลาง) ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนสูงกว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาความชอบด้านกลิ่นรสและความชอบด้านการยอมรับโดยรวมพบว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผงมีคะแนนสูงกว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสดและสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจากการปรับปรุงกลิ่นรสไอศกรีมถั่วเหลืองด้วยใบเตยผงให้กลิ่นรสกลิ่นหอมที่มีกลิ่นคล้ายคาราเมลและมีกลิ่นนุ่มมากกว่าการใช้ใบเตยสดที่ต้องมีการคั้นน้ำใบเตยทำให้มีกลิ่นของเหม็นเขียวปนอยู่

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สดร้อยละ 4.71 สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยตะไคร้ผงร้อยละ 0.68 กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยตะไคร้ (ตารางที่ 4.15) พบว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยตะไคร้ผงร้อยละ 0.68 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสูงกว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สดและสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 4.10 คะแนนการยอมรับไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสด

น้ำใบเตยสด (ร้อยละ)	สี	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
7.40	$5.50^{a} \pm 0.11$	$5.23^{a} \pm 0.09$	$5.63^{a} \pm 0.18$
16.78	$5.97^{ab} \pm 0.15$	$6.10^{b} \pm 0.35$	$6.20^{ab} \pm 0.24$
26.16	$6.40^{b} \pm 0.30$	$6.20^{b} \pm 0.26$	$6.50^{b} \pm 0.34$

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.11 คะแนนการยอมรับไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผง

ใบเตยผง (ร้อยละ)	สี	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
1.19	$5.90^{a} \pm 0.15$	$5.90^{ns} \pm 0.09$	$5.70^{a} \pm 0.10$
2.19	$6.73^{b} \pm 0.19$	$6.63^{ns} \pm 0.38$	$6.80^{b} \pm 0.22$
3.19	$6.97^{b} \pm 0.23$	$6.40^{ns} \pm 0.33$	$6.33^{ab} \pm 0.39$

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.12 คะแนนการยอมรับไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สด

น้ำตะไคร้สด (ร้อยละ)	สี	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
2.34	$6.0^{ns} \pm 0.19$	$5.27b \pm 0.20$	$5.33^{b} \pm 0.18$
4.71	$6.13^{ns} \pm 0.22$	$6.10^{a} \pm 0.17$	$5.93^{ab} \pm 0.15$
7.08	$6.13^{ns} \pm 0.30$	$6.30^{a} \pm 0.41$	$6.37^{a} \pm 0.37$

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.13 คะแนนการยอมรับไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยตะไคร้ผง

ตะไคร้ผง (ร้อยละ)	สี	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
0.36	$6.43^{a} \pm 0.24$	$5.83^{b} \pm 0.31$	$5.80^{b} \pm 0.19$
0.68	$6.07^{ab} \pm 0.30$	$6.63^{a} \pm 0.38$	$6.03^{ab} \pm 0.27$
1.0	$5.67^{b} \pm 0.20$	$5.97^{ab} \pm 0.34$	$6.33^{a} \pm 0.24$

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมของสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สดและตะไคร้ผง มีคะแนนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 6.04 และ 6.36 (ชอบเล็กน้อย) ตามลำดับ และมีคะแนนสูงกว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านสี พบว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สดและไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรส มีคะแนนสูงกว่าสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยตะไคร้ผง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แสดงให้เห็นว่าตะไคร้ผงเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดจากปฏิกิริยา non-enzymatic browning ทั้งนี้เนื่องมาจากปฏิกิริยา caramelization ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบพวกโพลีไฮดรอกซีคาร์บอนิล (polyhydroxycarbonyl compounds) ที่อุณหภูมิสูง (Mc Weeny, 1980)

ดังนั้นสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผงและตะไคร้ผงสามารถกลบกลิ่นรสถั่ว (beany) ได้ดีกว่าไอศกรีมที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสด และน้ำตะไคร้สด ทำให้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วเหลืองได้

4.6 ผลการยืนยันปริมาณสารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากใบเตยหอม และตะไคร้ ที่สามารถกลบกลิ่นรสถั่ว (beany flavour) และปฏิสัมพันธ์ของกลิ่นรส ด้วยวิธี headspace-solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS)

HS-SPME เป็นเทคนิคที่นิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์สารทางด้านชีวภาพ ทางด้านสิ่งแวดล้อมและทางด้านอาหาร (Kataoka and Saito, 2010) เทคนิคนี้ยังนิยมใช้หาองค์ประกอบของสารที่ให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์นม และปฏิสัมพันธ์ของกลิ่นรสในนม (Fabre, 2002; Jung and Ebeler, 2003; Lubbers, Decourcelle, Vallet and Guichard, 2004; Vazquez-Landaverde, 2005; Biasutti and Innocente, 2006; Kühn, Considine and Singh, 2006 and Saint-Eve, Lauvejat, Magnan, Déléris and Souchon, 2009) เนื่องจากสะดวก รวดเร็ว และสามารถวิเคราะห์ชนิดของสารเหล่านี้ได้โดยไม่จำเป็นต้องหาสารมาตรฐานมาทำการทดลองในสภาวะเดียวกัน (Adahchour, Been, Vreuls, Batenburg, Rosing and Brinkman, 2002; David, 2005) จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสหาขีดเริ่มรู้สึก ด้วยวิธี ascending-force-choice และการทดสอบทางประสาทสัมผัสการยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยและตะไคร้ แล้วนำมาวิเคราะห์ตัวอย่างสารที่ให้กลิ่นรสด้วยวิธี HS-SPME-GC-MS ทั้ง 12 ตัวอย่าง ได้แก่ 1) สารละลาย

โปรตีนถั่วเหลืองสกัด ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4.8 2) ขีดจำกัดต่ำสุดของสารสกัดจากน้ำใบเตยสดที่ใส่ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 4.8 3) สารละลายสารสกัดจากใบเตยผงที่ระดับเริ่มรับความรู้สึกที่ใส่ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลือง 4) สารละลายสารสกัดจากน้ำตะไคร้สดที่ใส่ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลือง 5) สารสกัดจากตะไคร้ผงที่ใส่ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลือง 6) ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรส 7) ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยสารสกัดจากน้ำใบเตยสดที่ระดับที่รับความรู้สึก 8) ไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยสารสกัดจากใบเตยผง 9) ไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยสารสกัดจากน้ำตะไคร้สด 10) ไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยสารสกัดจากตะไคร้ผง 11) ไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยสารสกัดจากใบเตยผงที่ระดับที่ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสยอมรับ และ 12) ไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยสารสกัดจากตะไคร้ผงในระดับที่ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสยอมรับ พบว่าสารประกอบที่ให้กลิ่นรสถั่ว (beany) ได้แก่ pentanal, hexanal, 2-heptanone, 2-pentyl-furan, 1-pentanol, 1-hexanol, 6-methyl-5-hepten-2-one, 1-octen-3-ol, 2,3-octanediene, (E)-3-octen-2-one, (E)-2-octenal, benzaldehyde และ 3,5-octadien-2-one (ตารางที่ 4.16) สอดคล้องกับรายงานการวิจัยต่าง ๆ ว่าสารระเหยที่พบเหล่านี้เป็นสารที่ให้กลิ่นรสถั่ว (beany) (MacLeod and Ames, 1988; Rackis, Honig, Sessa and Steggerda, 1970; Sessa, 1979; Wolf, 1975) ซึ่งกลิ่นถั่วหรือกลิ่นรสถั่ว (beany) สามารถพรรณนาเป็นกลิ่นต่างๆ ได้แก่ กลิ่นเหม็นเขียว (green) กลิ่นคล้ายหญ้า (grassy) กลิ่นเหม็นหืน (rancid) กลิ่นคล้ายสี (painty) และรสขม (bitter) เป็นต้น (Nelson, Steinbeg and Wei, 1976; Kobayashi, Tsuda, Hirata, Kubota and Kitamura, 1995; Torres-Penaranda, 2001) จากตารางที่ 4.16 แสดงให้เห็นว่า hexanal เป็นสารหลักที่ให้กลิ่นรสถั่ว (beany) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Friedeck, Karagul-Yucceer และ Drake (2003) ที่ศึกษาการใช้โปรตีนถั่วเหลือง (soy protein) ในไอศกรีมไขมันต่ำ งานวิจัยของ Suratman, Jeon และ Schmidt (2004) ที่ศึกษาความสามารถของ cyclodextrin ในการ entrap กลิ่นรส beany ในนมถั่วเหลือง และงานวิจัยของ Achouri, และคณะ (2007) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของนมถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา รายงานเหล่านี้สรุปได้ว่า hexanal เป็นสารหลักที่ให้กลิ่นรส beany ในถั่วเหลือง Arai, Suzuki, Fujimaki และ Sukurai (1966) รายงานว่า beany flavour เกิดจากโปรตีนเกิดการเสียสภาพและได้สารประกอบเป็น n-heaxanal และ n-hexanol เนื่องจากเอนไซม์ proteolysis ในโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองจับกับโครงสร้างของโปรตีนและทำให้ n-heaxanal และ n-hexanol ปลดปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์

สารประกอบของกลิ่นรสในใบเตย ที่พบได้แก่ 2-acetyl-1-pyroline (2AP) และ 3-methyl-2(5H)-furanone (ตารางที่ 4.17) จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสหาขีดจำกัดต่ำสุด แล้วนำมา

วิเคราะห์ด้วย HS-GC-MS พบว่าขีดจำกัดต่ำสุดที่มีการใช้สารสกัดจากใบเตยในสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด และในไอศกรีม ปริมาณของ 2AP มีค่าสูงกว่า 3-methyl-2(5H)-furanone ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Laksanalamai และ Ilangantilek (1993) ที่เปรียบเทียบสารที่ให้กลิ่น (2AP) ในใบเตยหอมและข้าวหอมไทย Yahya, Lu, Santos, Fryer และ Bakalis (2010) ที่ศึกษาการสกัด 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตย ด้วยวิธี supercritical carbon dioxide และตัวทำละลาย แววตา และ สิริ (2547) ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนต่อปริมาณสารระเหยในใบเตย รายงานว่าสารระเหยที่ให้กลิ่นที่สำคัญในใบเตยหอม คือ 2AP มีกลิ่นคล้ายข้าวโพดคั่ว และสารที่ให้กลิ่นหลักในใบเตยรองลงมาคือ 3-methyl-2(5H)-furanone

สารประกอบของกลิ่นรสในตะไคร้ ที่พบได้แก่ β-myrcene, α-pinene, 3-carene, neral, geranial และ geraniol (ตารางที่ 4.18) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยอื่นที่ว่าตะไคร้มีสารหอมระเหยที่ให้กลิ่นหลัก ได้แก่ neral, geranial, geramiol, β-myrcene, α-pinene และ 3-carene (Onawunmi, 1989; Ibrahim, 1992; Viollon and Chaumont, 1994; Ashurst, 1999; Kasali, Oyedeji and Ashilokun, 2001) จากตารางที่ 4.18 พบว่าปริมาณของ neral และ geranial มีค่าสูงกว่า β-myrcene, α-pinene, 3-carene และ geraniol สอดคล้องกับรายงานการวิจัยอื่นว่าสารที่ให้กลิ่นรสในตะไคร้ขึ้นอยู่กับปริมาณ citral ซึ่งจะมีปริมาณอยู่ร้อยละ 65-80 เป็นสารผสมของอัลดีไฮด์ 2 ตัว คือ geranial และ neral (Paviani, Pergher and Dariva, 2006) เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.16 พบว่าเมื่อมีการใส่สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากใบเตยและตะไคร้ลงไปในไอศกรีมที่มีโปรตีนสกัดและน้ำมันจากถั่วเหลืองมีผลทำให้องค์ประกอบของสารหลักที่ให้กลิ่นรส beany นั่นคือ hexanal มีค่าลดลงมากกว่าสารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากใบเตยและตะไคร้ที่ใส่ลงไปในสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ทั้งนี้เนื่องมาจากการเกิดปฏิสัมพันธ์ (flavor interaction) ระหว่างสารระเหยที่ให้กลิ่น (volatile compounds) กับสารที่เป็น non-volatile compounds หรือ องค์ประกอบของอาหาร (food matrix) ที่มีอยู่ในไอศกรีม (โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน) เกิดปฏิสัมพันธ์ทางเคมี (chemical interaction) ขึ้นเช่น hydrogen, hydrophobic, ionic หรือ covalent bonding ซึ่งมีผลไปลดความดันไอของสารให้กลิ่น (Hatchwell, 1996; Innocente, Marchesini and Biasutti, 2010) นอกจากนี้การใส่สารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากใบเตยผงและตะไคร้ผงลงในไอศกรีมที่มีโปรตีนสกัดและน้ำมันจากถั่วเหลืองยังมีผลทำให้ hexanal ลดลงมากกว่าสารสกัดจากน้ำใบเตยสดและน้ำตะไคร้สดที่ใส่ลงไปในไอศกรีมที่มีโปรตีนสกัดและน้ำมันจากถั่วเหลืองอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจาก maltodextrin และ β-cyclodextrin ที่ใช้ในการทำใบเตยผงและตะไคร้ผง เป็น สารช่วยในการทำแห้ง (drying aids) และสามารถกักเก็บกลิ่นรส (encapsulation agent) ได้ (กัลยาณี โสมนัส, 2540) หรือเรียกวิธีการกักเก็บกลิ่นรสนี้ว่า encapsulation สามารถทำให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารยังคง

อยู่ในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนและระหว่างการเก็บรักษา หรือควบคุมการปลดปล่อยสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหาร ป้องกันการเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (off-flavour) จากปฏิกิริยาต่าง ๆ ได้ เช่น ปฏิกิริยาระหว่างสารให้กลิ่นรสกับสารให้กลิ่นรสด้วยกัน (flavour-flavour interaction) และปฏิกิริยา oxidation เป็นต้น (Reineccius, 1991; Pagington, 1986; Qui and Hedges, 1995; Tari and Singhal, 2002; Jouquand, Ducruet and Giampaoli, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Suratman และคณะ (2004) ที่ศึกษาความสามารถของ cyclodextrin ในการกักเก็บกลิ่นรส beany ในนมถั่วเหลือง รายงานว่า cyclodextrin สามารถลดกลิ่น beany ได้ เนื่องจากโครงสร้างของ cyclodextrin มีลักษณะคล้ายถ้วย โดยด้านวงในของไซโคลเด็กตรินซ์จะมีลักษณะเป็น hydrophobic ส่วนวงนอกของ cyclodextrin จะเป็น hydrophilic (Samant and Pai, 1991) จึงสามารถกักเก็บกลิ่นรส beany ได้ Jouquand และ Keatikumjorn (2004) รายงานว่าการเติม β-cyclodextrin จะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้มีความคงตัวและมีความข้นหนืด สามารถรักษาสารที่ให้กลิ่นที่ดี (aroma compounds) ใน food matrixes ในระหว่างการให้ความร้อนได้ Reineccius (1991) รายงานว่าปัจจัยที่มีผลต่อการกักเก็บกลิ่นรสที่ผ่านการ encapsulation ได้แก่ น้ำหนักและรูปร่างของโมเลกุล คุณสมบัติทางเคมี (chemical functionality) ความมีขั้ว (polarity) และความสามารถในการระเหย (volatility) รายงานวิจัยของ Kim (2002) ศึกษาการใช้ cyclodextrin ในการกักเก็บกลิ่นรส beany ในนมถั่วเหลือง รายงานว่าการเติม alpha-cyclodextrin ที่ระดับร้อยละ 0.5 สามารถลด hexanal ได้ถึงร้อยละ 29 ในนมถั่วเหลืองได้ แต่เมื่อพิจารณาไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผง พบว่าเมื่อมีปริมาณของใบเตยผงเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณของ hexanal เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำใบเตยสดมีลักษณะกลิ่นเหม็นเขียว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยอื่นว่า ในใบเตยมี hexanal เป็นองค์ประกอบอยู่ (Wakte, Thengane, Jawali and Nadaf, 2009; Porrarud and Pranee, 2010) นอกจากนี้การลดลงของ hexanal ในไอศกรีมที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยและตะไคร้นั้น เป็นผลมาจากสารระเหยที่ให้กลิ่นในใบเตยและตะไคร้เกิดการแข่งขัน (competition effects) เพื่อที่จะถูกดูดซับโดยไฟเบอร์ในเทคนิค headspace SPME กับสารระเหยที่มีอยู่เดิม จึงมีผลทำให้ peak area ของ hexanal ต่ำลงกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้เติมสารให้กลิ่นจากใบเตยหรือตะไคร้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Roberts, Pollien และ Milo (2000) ที่พบว่าการเติมสาร 2-isobutyl-3-methoxypyrazine เพิ่มลงไปในระบบที่มีสารระเหยตัวอื่น ๆ อยู่นั้น เมื่อทำการสกัดด้วยเทคนิค headspace SPME มีผลทำให้การดูดซับของสารระเหยที่มีอยู่เดิมลดลง

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรสเปรียบเทียบกับไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสดและใบเตยผง

ไอศกรีมถั่วเหลือง	สี	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
ไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรส	$5.56^{b} \pm 0.16$	$5.04^{c} \pm 0.18$	$5.36^{c} \pm 0.24$
ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสด	$6.90^{a} \pm 0.25$	$6.88^{b} \pm 0.34$	$6.76^{b} \pm 0.27$
ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผง	$6.92^{a} \pm 0.32$	$7.32^{a} \pm 0.36$	$7.24^{a} \pm 0.29$

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไอศกรีมถั่วเหลืองที่ไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรสเปรียบเทียบกับไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สดและตะไคร้ผง

ไอศกรีมถั่วเหลือง	สี	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
ไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรส	$6.60^{a} \pm 0.22$	$5.04^{c} \pm 0.19$	$5.42^{b} \pm 0.20$
ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตระไคร้สด	$6.58^{a} \pm 0.37$	$5.84^{b} \pm 0.26$	$6.04^{a} \pm 0.31$
ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยตะไคร้ผง	$5.60^{b} \pm 0.14$	$6.42^{a} \pm 0.28$	$6.36^{a} \pm 0.22$

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.16 % peak area ของสาร volatile compound (สารประกอบหลักของกลิ่นรส beany) ในตัวอย่างที่ได้จากการหาขีดจำกัดต่ำสุด (threshold) และไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผงและตะไคร้ผงที่ได้รับการยอมรับด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัส

Sample	Total % peak area (beany flavour)				
	pentanal	hexanal	2-pentyl-furan	1-octen-3-ol	benzaldehyde
สารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด	3.24^{d}	60.40^{k}	2.76^{g}	2.58^{f}	2.83^{g}
น้ำใบเตยสดที่ใส่ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด	3.22^{d}	47.68^{j}	1.92^{e}	2.04^{e}	2.60^{f}
ใบเตยผงที่ใส่ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด	3.29^{de}	45.64^{i}	1.99^{ef}	1.71^{d}	1.58^{c}
น้ำตะไคร้สดที่ใส่ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด	2.53^{c}	42.23^{h}	2.20^{f}	2.09^{e}	3.03^{h}
ตะไคร้ผงที่ใส่ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด	2.00^{b}	30.96^{f}	1.97^{e}	1.34^{c}	2.23^{d}
ไอศกรีมถั่วเหลือง	3.12^{d}	29.83^{e}	2.92^{g}	1.65^{d}	4.64^{j}
ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสด	3.53^{ef}	32.3^{g}	1.26^{c}	2.04^{e}	4.17^{i}
ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผง	3.87^{g}	17.46^{b}	1.21^{c}	1.71^{d}	2.40^{e}
ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สด	3.73^{fg}	24.35^{a}	0.74^{ab}	1.02^{b}	1.00^{b}
ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยตะไคร้ผง	2.30^{c}	20.24^{c}	1.70^{d}	1.55^{d}	1.56^{c}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.16 (ต่อ) % peak area ของสาร volatile compound (สารประกอบหลักของกลิ่นรส beany) ในตัวอย่างที่ได้จากการหาขีดจำกัดต่ำสุด (threshold) และไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผงและตะไคร้ผงที่ได้รับการยอมรับด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัส

Sample	Total % peak area (beany flavour)				
	pentanal	**hexanal**	**2-pentyl-furan**	**1-octen-3-ol**	**benzaldehyde**
ไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผงที่ได้รับการยอมรับ	6.04^{h}	24.05^{d}	0.59^{a}	2.57^{f}	1.45^{c}
ไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยตะไคร้ผงที่ได้รับการยอมรับ	1.08^{a}	12.11^{a}	0.87^{b}	0.64^{a}	0.8^{a}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.17 % peak area ของสาร volatile compound หลักที่พบในตัวอย่างที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยสด และใบเตยผง จากการหาขีดจำกัดต่ำสุด (threshold) และไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผงที่ได้รับการยอมรับ ด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัส

Sample	Total % peak area	
	2-acetyl-1-pyroline	**3-methyl-2(5H)-furanone**
น้ำใบเตยสดที่ใส่ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด	0.62[a]	ND
ใบเตยผงที่ใส่ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด	1.02[b]	0.06[a]
ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสด	2.75[c]	0.94[b]
ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยผง	3.66[d]	1.84[c]
ไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผงที่ได้รับการยอมรับ	8.53[e]	1.87[c]

หมายเหตุ : ND (non detectable) เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงค่าที่ไม่สามารถตรวจวัดได้เนื่องจากมีค่าต่ำมาก

: อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.18 % peak area ของสาร volatile compound หลักที่พบในตัวอย่างที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยตะไคร้สด และตะไคร้ผง จากการหาขีดจำกัดต่ำสุด (threshold) ไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยตะไคร้ผงที่ได้รับการยอมรับ ด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัส

Sample	Total % peak area					
	β-myrcene	**α-pinene**	**3-carene**	**neral**	**geranial**	**geraniol**
น้ำตะไคร้สดที่ใส่ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด	ND	ND	ND	7.95[a]	9.27[a]	1.67[a]
ตะไคร้ผงที่ใส่ในสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด	2.22[a]	1.95[a]	0.79[a]	9.74[b]	11.35[b]	3.39[b]
ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สด	ND	ND	ND	5.52[c]	5.0[c]	1.18[c]
ไอศกรีมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงกลิ่นรสด้วยตะไคร้ผง	2.29[a]	1.78[a]	1.10[b]	10.12[d]	12.21[d]	4.45[d]
ไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยตะไคร้ผงที่ได้รับการยอมรับ	3.49[b]	2.37[b]	1.20[b]	11.51[e]	13.44[e]	4.44[e]

หมายเหตุ : ND (non detectable) เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงค่าที่ไม่สามารถตรวจวัดได้เนื่องจากมีค่าต่ำมาก

: อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

5.1.1 การสกัดสารที่ให้กลิ่นรสจากใบเตยสด และตะไคร้สดด้วยน้ำ พบว่าระดับการใช้ใบเตยสด และตะไคร้สดต่อน้ำที่เหมาะสมคือ 10:100 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก)

5.1.2 การใช้ปริมาณมอลโตเด็กตรินซ์ที่ระดับร้อยละ 2 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) เป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทำแห้งแบบพ่นกระจายของใบเตยสดและตะไคร้สด

5.1.3 ขีดเริ่มรู้สึก (threshold) ของสารสกัดจากน้ำใบเตยสด น้ำตะไคร้สด ใบเตยผงและตะไคร้ผงในสารละลายโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ที่สามารถกลบกลิ่นรสถั่ว (beany) มีค่าเท่ากับ 327.91, 224.75, 265.65 และ 82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อนำสารสกัดที่ให้กลิ่นรสไปใช้ในไอศกรีมถั่วเหลืองพบว่าระดับต่ำสุดของสารสกัดที่ให้กลิ่นรสจากน้ำใบเตยสด น้ำตะไคร้สดใบเตยผงและตะไคร้ผง ที่สามารถกลบกลิ่นรส beany ได้ มีค่าเท่ากับ 895.40, 339.30, 458.15 และ147.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

5.1.4 สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตย และตะไคร้ จากการคัดเลือกสูตรด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสดร้อยละ 16.78 สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผงร้อยละ 2.19 สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สดร้อยละ 16.78 และสูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยตะไคร้ผงร้อยละ 0.68

5.1.5 สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผง และตะไคร้ผง ได้รับการยอมรับ และสามารถกลบกลิ่นรส beany ได้

5.1.6 สารหลักที่ให้กลิ่นรส beany ได้แก่ hexanal, pentanal, benzaldehyde, 2-pentyl-furan และ 1-octen-3-ol สารหลักที่ให้กลิ่นรสในใบเตย ได้แก่ 2-acetyl-1-pyroline และ 3-methyl-2(5H)-furanone ส่วนสารที่ให้กลิ่นรสในตะไคร้ ได้แก่ β-myrcene, α-pinene, 3-carene, neral, geranial และ geraniol

5.1.7 สูตรไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผงและตะไคร้ผงสามารถลด hexanal ซึ่งเป็นสารหลักที่ให้กลิ่นรส beany ได้ เนื่องจากการเกิดปฏิสัมพันธ์ทางเคมีของกลิ่น beany กับองค์ประกอบของอาหารในไอศกรีม (โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต) maltodextrin และ β-cyclodextrin และการกลบกลิ่น (masking) จากกลิ่นของใบเตยและตะไคร้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การปรับปรุงกลิ่นรส beany ในไอศกรีมถั่วเหลืองควรมีการศึกษาผลไม้หรือสมุนไพรไทยที่ให้กลิ่นรสเปรี้ยวอมหวาน เพื่อปรับปรุงกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ให้หลากหลายเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

5.2.3 งานวิจัยต่อไปควรมีการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการปริมาณแคลอรี่ต่อหน่วยบริโภค และสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อกลุ่มผู้บริโภคที่เป็นกลุ่มเป้าหมายที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์มุ่งเน้นประโยชน์ต่อสุขภาพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ ไชยโรจน์ . (2531). **การสกัดและแยกสารระเหย**. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กรมวิชาการเกษตร. (2549). **ถั่วเหลือง: เทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองโปรตีนสูง** [ออนไลน์]. ได้จาก http://www.doae.go.th/AG/Soybean/1Main/mian.htm

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2535). **คุณค่าทางโภชนาการอาหารไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก.

กัลยาณี โสมนัส. (2540). การผลิตกล้วยหอมผงโดยการทำแห้งแบบโฟมและพ่นฝอย. **วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**.

คมสันต์ หุตะแพทย์ และวารี ยินดีชาติ. (2542). **ถั่วเหลือง:พืชมหัศจรรย์สารพันประโยชน์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ธรรมชาติ.

ถนอมดวง แซ่ลิ. (2549). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมดัดแปลงจากโปรตีนถั่วเหลืองและไขมันพืช. **วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี**.

ธงชัย สุวรรณสิชนณ์. (2549). **เทคนิคการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และผู้บริโภคแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. (2547). สัมภาษณ์ “การบริโภคไอศกรีมน้ำเต้าหู้”

พิชามญชุ์ สว่างสุข และวรรณี จิรภาคย์กุล. (2550). สารระเหยอิสระและสารระเหยที่ถูกยึดจับในตะไคร้สด. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45** ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 484-491 หน้า

ไพโรจน์ วิริยจารี. (2545). **การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation)**. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มติชนสุดสัปดาห์ (2547). “ของหวานเพื่อสุขภาพ ไอศกรีมน้ำเต้าหู้ สูตรเจ”. **เชลล์ชวนชิม / ฉนัดศอ**. ฉบับที่ 1231.

อุดมลักษณ์ อุ่นจิตต์วรรธนะ. (2543). “การส่งออกสมุนไพรไทย”. **ข่าวสารวัตถุมีพิษ**. 27: 35-36 หน้า

รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. (2535). พืชเครื่องเทศและสมุนไพร. **ตำรา-เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 59** ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมฝึกหัดครู. 10-156 หน้า

แววตา ชี้ทางดี และเสรี ชัยเสรี. (2547). ผลของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนต่อปริมาณสารระเหยในใบเตย. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42** ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 5:656-663 หน้า

วรางคณา สมพงษ์. (2542). **การผลิตน้ำใบเตยผงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ศุกฤตย์ ไทยอุดม. (2538). การพัฒนาการผลิตน้ำใบบัวบก *Centlla asiatica (Linn.). Urban* ผงสำเร็จรูป. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.**

ศุกฤตย์ ไทยอุดม. (2547). **เอกสารประกอบการสอนวิชาการควบคุมคุณภาพอาหาร 305451 (Food Quality Control).** สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2553). **เทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็งปริมาณน้อย (Solid Phase Microextraction, SPME)** [ออนไลน์]. ได้จาก http://www.share.psu.ac.th/blog/sci-discus/17227

ศูนย์บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. (2548). **เทคนิค Solid Phase Microextraction (SPME)** [ออนไลน์]. ได้จาก http://www.kmitl.ac.th/sisc/GC-MS/SPME.htm

ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ (2542). **รายงานประจำปี 2542: ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่, สถานีทดลองพืชไร่ศรีสำโรง.** กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร.

ศยามล เนตรนภา. (2544). การพัฒนาเครื่องดื่มข้าวหอมมะลิกลิ่นใบเตย. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.**

สราวุธ เทพานนท์. (2553). **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารอินทรีย์ระเหยง่าย.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา [ออนไลน์]. ได้จาก http://teenet.tei.or.th/Knowledge/Paper/VOCs_information.pdf

สมลักษณ์ เนาวรัตน์พนมมาศ. (2538). การผลิตและการใช้กลูโคสไซรัปจากสตาร์ชข้าวโพดในไอศกรีม. **บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.**

สุนียพร พรหมดวง. (2546). **การอบแห้งตะไคร้ด้วยปั๊มลมร้อน.** สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน. คณะพลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุนทรี วราอุบล. (2545). **การผลิตผลิตภัณฑ์น้ำใบเตยผง**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.

สื่อการเรียนคอมพิวเตอร์. **เคมีอาหาร 1**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ศาลายา [ออนไลน์]. ได้จาก http://arit.rmutr.ac.th/library/cd_rom/cd_rom.htm

อุดมลักษณ์ อุ่นจิตต์วรรธนะ. (2543). "การส่งออกสมุนไพรไทย". **ข่าวสารวัตถุมีพิษ**. 27: 35-36 หน้า

อัญชลินทร์ สิงห์คำ และทศพร นามโฮง. (2548). **เคมีอาหาร**. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล [ออนไลน์]. ได้จาก http://courseware.rmutl.ac.th

Abdel-Aal, E-S. M., Youssef, M.M., Adel-Shehata, A-S. and El-Mahdy, A.R. (1985). Chemical and functional properties of some legume powders. **Food Chemistry**. 20: 153-156.

Achouri, A., Boye, J.I. and Zamani, Y. (2007). Changes in soymilk quality as a function of composition and storage. **Food Quality**. 30: 731–744.

Adahchour, M., Been, J., Vreuls, R.J.J., Batenburg, A.M., Rosing, E.A.E. and Brinkman, U.A.T. (2002). Application of solid-phase micro-extraction and comprehensive two-dimentional gas chromatography (GCxGC) for flavour analysis. **Chromatographia**. 55: 361-367.

Al-Attabi, Z., D'Arcy, B.R. and Deeth, H.C. (2009). Volatile sulphur compounds in UHT milk. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. 49: 28-47.

Andreasen, T.G. and Nielsen, H. (1998). Ice cream and aerated dessert In: R. Early (Eds.) **The technology of dairy products (2nd ed.)** (pp. 301-324) London: Blackie academic & professional.

Anonymous. (2003). Flavornet. Flavor Chemistry (Online). Avaible :http://www.flavornet.Org/flavornet.html.

Arai, S., Suzuki, H., Fujimaki, M. and Sukurai, Y. (1966). Studies of flavor compounds in soybeans. part VI. some evidence for occurrence of protein-flavor binding. **Agricultural and Biological Chemistry**. 30: 364-369.

Ashurst, P.R. (1999). Essential oils. In John Wright (Eds). **Food flavoring. 3rd ed**. (pp. 23-24) Aspen Publishers, Inc., Maryland.

Bhandari, B.R. (2007). Spray drying and powder properties. In: Hui, Y.H., Clary, C., Farid, M.M., Fasina, O.O., Noomhorm, A. and Welti-Chanes, J. Editors. **Food drying science and technology** (pp. 215-248) DEStech Publications, Inc., USA.

Biasutti, M. and Innocente, N. (2006). Effect of a post-processing phase on the volatile flavour compounds of Asìno cheese. **Italian Journal of Food Science**. 2: 163-176.

Boatright, W.L., and Lei, Q. (1999). Compound contributing to the beany odor of aqueous solution of soy protein isolate. **Journal of Food Science**. 64: 179-182.

Brennan, J.G., Herrara, J. and Jowitt, R. (1971). A study on some factors affecting the spray drying of concentrated orange juice on a laboratory scale. **Journal of Food Technology**. 6: 295-306.

Bressan, L.P. and Behling, R.W. (1977). The selection and training of judges for discrimination testing. **Journal of Food Technology**. 31: 62-67.

Bylund, G. (1995). Dairy Processing Handbook. Tetra Pak Processing Systems AB. Sweden.

Cadwallader, K. 2004 . Static headspace SPME-GC-MS volatile constituents of soymilk as affected by processing method. Soy Flavor Workshop: **Sensory and Instrumental Method**. University of Illinois.

Calvin, L.D. and Sather, L.A. (1959). A comparison of student preference panel with household consumer panel. **Journal of Food Technology**. 13:460-472.

Caul, J.F. and Raymond, S. (1965). Principles of consumer product testing. **Journal of the Society of Cosmetics Chemists**. 16:763-776.

Clarke, C. (2004). **The science of ice cream** (pp. 187) UK: Cambridge: The royal society of chemistry.

Chin, S.T., Hamid Nazimah, S.A., Quek, S.Y., Che Man, Y.B., Rahman, R.A. and Hashim, D.M. (2010). Effect of thermal processing and storage condition on the flavour stability of spray-dried durian powder. **LWT-Food Science and Technology**. 43: 856-861.

Cochran, W.G. and Cox, G.M. (1975). **Experimental Designs**. John Wiley and Sons, New York, NY.

David, J.R. (2005). **Chemistry and Technology of Flavours and Fragrances**. Oxford: Blackwell Publishing, New York, USA.

Dawson, E.H., Brogdon, J.L. and McManus, S. (1963). Sensory testing of differences in taste methods. **Journal of Food Technology**. 17:44-51.

De Souza, J.C.S., Filho, M.B.D.C., Meza, E.M. and Schilling, M.T. (2003). Planning metering systems for power distribution systems monitoring. **IEEE Proc. Conf. Power Technology**. 2: 6.

Dowshen, S. (2002). **Milk Allergy** (Online). Available URL:http://kidshealth.org

Dryden, E.C. and Hills, C.H. (1957). Consumer preference studies on applesauce:sugar, acid relations. **Journal of Food Technology**. 11:589-591.

Fabien, S.D., Peter, R.E., Dimitra, K., Barry, P.M. and Helena, J.T. (2003). The effects of soy protein containing isoflavones on lipid and indices of bone resorption in postmenopausal women. **Clinical Endocrinology.** 58: 704-709.

Fabre, M., Aubry, V. and Guichard, E. (2002). Comparison of different methods: Static and dynamic headspace and solid-phase microextraction for the measurement of interactions between milk proteins and flavor compounds with an application to emulsions**. Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 50: 1497–1501.

Federal Register. (2002). **ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY** (Online). Available :http://edocket.access.gpo.gov/2002/02-28909.htm

Friedeck, K.G., Karagul-Yuceer, Y. and Drake, M.A. (2003). Soy protein fortification of a low-fat dairy-base ice cream. **Journal of Food Science**. 68: 2651-2657.

Food and Drug Administration of the United States. functional foods.

Gatchalian, M.M. (1981). **Sensory evaluation methods with statistical analysis**. College of Home Economics, University of the Philippines, Philippines.

Garzon, G.A., Warner, K., Felker, F.C., Palmquist, D.E. and Eller, F. (2004) . Oxidation of soybean oil during storage of starch-oil composite. **Journal of the American Oil and Chemists Society**. 81: 861-866.

Goff, H.D., Verespej, E. and Smith, A.K. (1999). A study of fat and air structure in ice cream. **International Dairy Journal**. 9: 785-797.

Gremli, H.A. (1974). Interaction of flavor compounds with soy protein. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. 51.

Groenewald, M. (1996). **Milk Allergy & Intolerance** (Online). Available: http://www.allergysa.org/milk.htm

Hagiwara, T. and Hartel, R.W. (1996). Effect of sweetener, stabilizer, and storage temperature on ice recrystallization in ice cream. **Journal of Dairy Science**. 79: 735-744.

Hariom, B.N., Shyamala, M. Prakash. and Bhat, K.K. (2006). Vanilla flavor evaluation by sensory and electronic nose techniques. **Journal of Sensory Studies**. 21: 228-239.

Hatchwell, L.C. (1996). Implication for fat on flavor. In R.J. McGorrin & J.V. Leland (Eds.). **Flavor-food interactions** (pp. 14-23) Washington DC: American Chemical Society.

Herald, J.T., Aramouni, M.F. and Abu-Ghoush, H.M. (2008). Comparison study of egg yolks and egg alternative in French vanilla ice cream. **Journal of Texture Studies**. 39: 284-295.

Ibrahim, D. (1992). Antimicrobial activity of the essential oil of the Local Serai, *Cymbopogon citratus*. **Journal of Bioscience**. 3: 87-90.

Innocente, N., Marchesini, G. and Biasutti, M. (2010). Feasibility of the SPME method for the determination of the aroma retention capacity of proteose-peptone milk protein fraction at different pH values. **Food Chemistry**. 124: 1249-1257.

Inyang, C.U. and Zakari, U.M. (2008). Effect of germination and fermentation of pearl millet on proximate chemical and seneory properties of instant "Fura"- A Nigerian cereal food. **Pakistan Journal of Nutrition**. 7: 9-12.

Jather, R. (2010). **Pandan Leaves** [On-line]. Available: http://www.buzzle.com/articles/pandan-leaves.html

Jatupornpipat, M. and Keatikumjorn, P. (2007). The effect of kefir starter on Thai fermented sausage product. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**. 29: 1145-1152.

Jiang, J. (1999). **Flavor Chemistry of Ethnic Foods** (pp. 105-109) Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

Jouquand, C., Ducruet, V. and Giampaoli, P. (2004). Partition coefficients of aroma compounds in polysaccharide solution by the phase ratio variation method. **Food Chemistry**. 85: 467-474.

Jung, D.M. and Ebeler, S.E. (2003). Headspace solid-phase microextraction method for the study of the volatility of selected flavor compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 51: 2000-2005.

Kasali, A.A., Oyedeji, A.O. and Ashilokun, A.O. (2001). Volatile leaf oil constituents of Cymbopogon citrates (DC) Stapt. **Flavour and Fragrance Journal**. 16: 377-378.

Kato, H., Doi, Y., Tsugita, T., Kosai, K., Kamiya, T. and Kuruta, T. (1981). Changes in volatile flavour components of soybeans during roasting. **Food Chemistry**. 7: 87-94.

Kim, H. (2002). Binding characteristics of cyclodextrin in model systems and their effectiveness on entrapping beany flavor compounds in soymilk [Ph.D. thesis]. Kansas State University.

Kinsella, J. E. (1979). Functional properties of soy proteins. **Journal of the American Oil and Chemists Society**. 56: 242-258.

Kinyuro, J.N., Kenji, G.M. and Njoroge, M.S. (2009). Process development, nutrition and sensory qualities of wheat buns enriched with edible Termites (*Macrotermes subhylanus*) from Lake Victoria region, Kenya. **American Journal of Food Agricuture Nutrition and Development**. 9: 1739-1750.

Knuckles, B.E., Hudson, C.A., Chiu, M.M. and Sayre, R.N. (1997). Effect of β-glucan barley fractions in high-fiber bread and pasta. **Cereal Food World**. 42: 94-99.

Kobayashi, A., Tsuda, Y., Hirata, N., Kubota, K. and Kitamura, K. (1995). Aroma constituents of soybean [*Glycine max* (L) Merril] milk lacking lipoxygenase isozymes. **Journal Agriculture Food Chemistry**. 43: 2449-52.

Kühn, J., Considine, T. and Singh, H. (2006). Interactions of milk proteins and volatile flavor compounds: Implications in the development of protein foods. **Journal of Food Science**. 71**:** 72-82.

Kumar, V., Rani, A., Tindwani, C. and Jain, M. (2003). Lipoxygenase isozymes and trypsin inhibitor activities in soybean as influenced by growing location. **Food Chemistry**. 83: 79-83.

Kuntz, L.A. (1997). Making the most of maltodextrins. **Food Products Design**. 7: 89-104.

Kuo, S.T., Branan, J.G. and Lewis, M.J. (2000). Retention of volatiles in spray drying and freezedrying. **Food Australia**. 52: 463-467.

Lakanalamai, V. and Ilangantileke, S. (1993). Comparison of aroma compound (2-acetyl-1-pyrroline) in leaves from Pandan (*Pandanus amaryllifolius*) and Thai fragrant rice (Khao dawk mali-105). **Cereal Chemistry**. 70: 381-384.

Laffingwell, J.C. (2004). Flavor-Base' 04. **Flavor-Base Database,** Version Date July, 2004.

Laohakunjit, N. and Noomhorm, A. (2004). Supercritical carbon dioxide extraction of 2-acetyl-1-pyrroline and volatile components from pandan leaves. **Flavour and Fragrance Journal**. 19: 251-259.

Little Foodscientist. (2005). **SPME** [On-line]. Available: htt://www.foodsciencetoday.com/viewCategory.php?&key=5

Liu, K. (2000). Expanding soybean food utilization. **Food Technology**. 54: 46-58.

Lubbers, S., Landy, P. and Voilley, A. (1998). Retention and release of aroma compounds in food containing protein. **Journal of Food Technology**. 52: 68-74.

Lubbers, S., Decourcelle, N., Vallet, N. and Guichard, E. (2004). Flavor release and rheology behavior of strawberry fat free stirred yogurt during storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 52: 3077-3082.

Macrae, R., Robinson, R. and Sadler, M. (1993). Encyclopaedia of food science. **Food Technology and Nutrition (1st ed)** (pp. 2718-2730) Academic Press. San Diego, CA.

MacLeod, G. and Ames, J. (1988). Soy flavor and its improvement. **CRC Critical Review in Food Science and Nutrition**. 27: 219-400.

Mahattanatawee, K. (2008). Workshop 'Principles of flavour chemistry and analytical techniques for food aroma analysis'. Siam University.

Marshall, R.T. and Arbuckle, W.S. (1996). **Ice cream (5th ed)** (pp. 371). New York: Chapman Hall.

Marshall, R.T., Goff, H.D. and Hartel, R.W. (2003). **Ice Cream. 6th ed** (pp. 371) Kluwer Academic /Plenum Publishers, NY.

Martin, S.L. (1973). Selection and training of sensory judges. **Journal of Food Technology**. 27: 22-26.

Masters, K. (1979). **Spray Drying Handbook. 3rd ed** (pp. 687). New York: John Wiley & Sons.

Mc Weeny, D.J. (1980). Long term storage of some dry foods: A discussion of the principles. **Journal of Food Technology**. 15: 195-205.

Meilgaaed, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. (1999). **Sensory Evaluation Techniques, 3rd ed**. (pp. 126-128) CRC press, United States of America.

Meritt, C.G. (1981). **Encapsulution of materials** (pp. 1-7) US. Patent 4,276,312.

Messina, M. and Barnes, S. (1991). The role of soy products in reducing risk of cancer. **Journal of the National Cancer Institute**. 83: 541-546.

Miller-Livney, T. and Hartel, R.W. (1997). Ice recystallization in ice cream: interaction between sweetners and stabilizers. **Journal of Dairy Science**. 80: 447-456.

Min, S., Tony Jin, Z. and Howard Zhang, Q. (2003). Commercial scale pulsed electric fied processing of tomato juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 51: 3338-3344.

Mtebe, K. and Gordon, M.H. (1987). Volatiles derived from lipoxygenase-catalysed reactions in winged beans (*Psophocarpus tetragonolobus)*. **Food Chemistry**. 23: 175-182.

Nelson, A.I., Steinberg, M.P. and Wei, L.S. (1976). Illinois process for preparation of soymilk. **Journal of Food Science**. 41: 57-61.

NIDDK (National Institute of Diabetes & Digestive & Kidney Diseases). (2002). **Lactose intolerance**. (Online). Available :http://www.niddk.nih.gov/ health/ digest/ pubs/ lactose/ lactose.htm

Nongonierma, A.B., Springett, M., Le Quere, J.L., Cayot, P. and Voilley, A. (2005). Flavour release at gas/matrix interfaces of stirred yoghurt models. **International Dairy Journal**. 16: 102-110.

Onawunmi, G.O. (1989). Evaluation of the antimicrobial activity of citral. **Letters in Appiled Microbiology**. 9: 105-108.

Pagington, J.S. (1986). β-cyclodextrin and its uses in the flavour industry. In G.G. Birch and M.G. Lindley (Eds.). **Developments in food flavours**. London: Elevier Applied Science.

Pangborn, R.M. (1967). **Use and misuse of sensory measurement**. Food Quality. 15: 7-12.

Partanen, R., Ahro, M., Hakala, M., Kallio, H. and Forssell, P. (2002). Microencapsulation of caraway extract in beta0cyclodextrin and modified starches. **European Food Research and Technology**. 214: 242-247.

Paule, C.M., and Power, J.J. (1989). Sensory and chemical extraction of aromatic and nonaromatic rice. **Journal of Food Science**. 54: 343-345.

Paviani, L., Pergher, S.B.C. and Dariva, C. (2006). Application of molecular sieves in the fractionation of lemongrass oil from high-pressure carbon dioxide extraction. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**. 23: 219-225.

Porrarud, S. and Pranee, A. (2010). Microencapsulation of Zn-chlorophyll pigment from Pandan leaf by spray drying and its characteristic. **International Food Research Journal**. 17: 1031-1041.

Pawliszyn, J. (1990). Solid phase microextraction with thermal desorption using fuse silica optical fiber. **Analytical Chemistry**. 62: 2145-2148.

Pawliszyn, J. (2001). Solid phase microextraction. In R.L. Rouseff and K.R. Cadwallader (Eds.). **Headspace Analysis of Food and Flavors: Theory and Practice** (pp. 212) Kluwer Academic/ Plenum Publishers, New York.

Qui, Z.H. and Hedges, A.R. (1995). Use of cyclodextrins for flavours. In C.T. Ho, C.T. Tan and C.H. Tong (Eds.). **Flavour Technology: Physical chemistry, modification and process, ACS symposium series 610** (pp. 231-243) Washington DC: American Chemical Society.

Rackis, J.J., Honig, D.H., Sessa, D.J. and Steggerda, F.R. (1970). Flavor and flatulence factors in soybean protein products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 18: 977-988.

Reineccius, G.A. (1991). Carbohydrates for flavor encapsulation. **Food Technology**. 45: 144-147.

Renkema, J.M.S. (2001). Relations between rheological properties and network structure of soy protein gels. **Food Hydrocolloids**. 18: 39-47.

Richert, S.H. (1979). Physical-chemical properties of whey protein foams. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 27: 665-673.

Roberts, D.D., Pollien, P. and Milo, C. (2000). Solid-phase microextraction method development for headspace analysis of volatile flavor compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 48: 2430.

Rodriguez Nino, M.R., Carrera Sanchez, C., Ruiz-Henestrosa, V.P. and Rodriguez Patino, J.M. (2005). Milk and soy protein film at the air-water interface. **Food Hydrocolloids**. 19: 417-428.

Ruger, P.R., Bear, R.T. and Kasperson, K.M. (2002). Effect of double homogenization and whey concentrate on the texture of ice cream. **Journal of Dairy Science**. 85: 1684-1692.

Saint-Eve, A., Lauverjat, C., Magnan, C., Déléris, I. and Souchon, I. (2009). Reducing salt and fat content: Impact of composition, texture and cognitive interactions on the perception of flavoured model cheeses. **Food Chemistry**. 116: 167-175.

Samant, S.K. and Pai, J.S. (1991). Cyclodextrin: New versatile food additive. **Indian Food Packer**. 45: 55-65.

Sara, J.R. and Gray, A.R. (1989). Flavor Encapsulution (American Chemical Society Symposia Series) (pp. 202). New York: Maple Press.

Sather, L.A. and Calvin, L.D. (1960). The effect of number of judgements in a test on flavor evaluations of preference. **Journal of Food Technology**. 14: 613-615.

Sather, L.A., Calvin, L.D. and Tomsma. (1963). Relation of preference panels and trained panel scores on dry whole milk. **Journal of Dairy Science**. 46: 1054-1058.

Schokker, E.P., Bos, M.A., Kuijpers, A.J., Wijnen, W.E. and Walstra, P. (2002). Spreading of oil from protein stabilized emulsion at air/water interfaces. **Colloid and Surface B: Biointerfaces**. 26: 315-327.

Schultz, T. and Talburt, W. (1961). Preparatation of locked-in citrus oils with “mixed sugars”. **Food Technology**. 15: 188-190.

Segall, K.I. and Goff, H.D. (2002). Secondary adsorption of milk protein from the continuous phase to the oil-water interface in dairy emulsion. **International Dairy Journal**. 12: 889-897.

Sessa,D.J. and Rackis, J.J. (1977). Lipid-derived flavors of legume protein products. **Journal American Oil Chemistry Society**. 54: 468-473.

Sessa, D. J. (1979). Biochemical aspects of lipid derived flavors in legumes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 27: 234-239.

Shaneberg, B.T. and Khan, I.A. (2002). Comparison of extraction methods for marker compounds in the essential oil of lemon grass by GC. **Journal of Agricultural Food Chemistry**. 50: 1345-1349.

Shiga, H., Yoshii, H., Ohe, H., Yasuda, M., Furuta, T., Kuwahara, H., Ohkawara, M. and Linko, P. (2004). Encapsulation of shiitake (*Lenthinus edodes*) flavors by spray drying. **Bioscience Biotecnology and Biochemistry**. 68: 66-71.

Soy Protein Council. (1987). Soy Protein Products: Characteristics, Nutritional Aspects and Utilization. **Soy Protein Council**. Washington, D.C.

Suratman, L.L.I., Jeon, I.J. and Schmidt, K.A. (2004). Ability of cyclodextrins to entrap volatile beany flavor compounds in soymilk. **Journal of Food Science**. 69: FCT109-FCT113.

Tari, T.A. and Singhal, R.S. (2002). Strarch based spherical aggregates: reconfirmation of the role of amylase on the stability of a model flavouring compound, vanillin. **Carbohydrates Polymers**. 50: 279-282.

Torres-Penaranda AV. and Reitmeier, CA. (2001). Sensory descriptive analysis of soymilk. **Journal of Food Science**. 66: 352-356.

Vazquez-Landaverde, P.A., Velazquez, G., Torres, J.A. and Qian, M.C. (2005). Quantitative determination of thermally derived off-flavor compounds in milk using solid-phase microextraction and gas chromatography. **Journal of Dairy Science**. 88: 3764-3772.

Viollon, C. and Chaumount, J.P. (1994). Antifungal properties of essential oils and their main components upon *Cryptococcus neoformans*. **Mycopathologia**. 128: 151-153.

Wakte, K.V., Thengane, R.J., Jawali, N. and Nadaf, A.B. (2009). Optimization of HS-SPME conditions for quantification of 2-acetyl-1-pyrroline and study of other volatiles in *Pandanus amaryllifolius* Roxb. **Food Chemistry**. 121: 595-600.

Whitfield, F.B. and Last, J.H. (1991). Volatile compounds in foods and beverages. Maarse H. (Eds.). Marcel Dekker Inc., New York.

Wilkens, W.F. and Lin, F.M. (1970). Volatile flavor components of deep fat-fried soybeans. **Journal Agricultural Food Chemistry**. 18: 337-339.

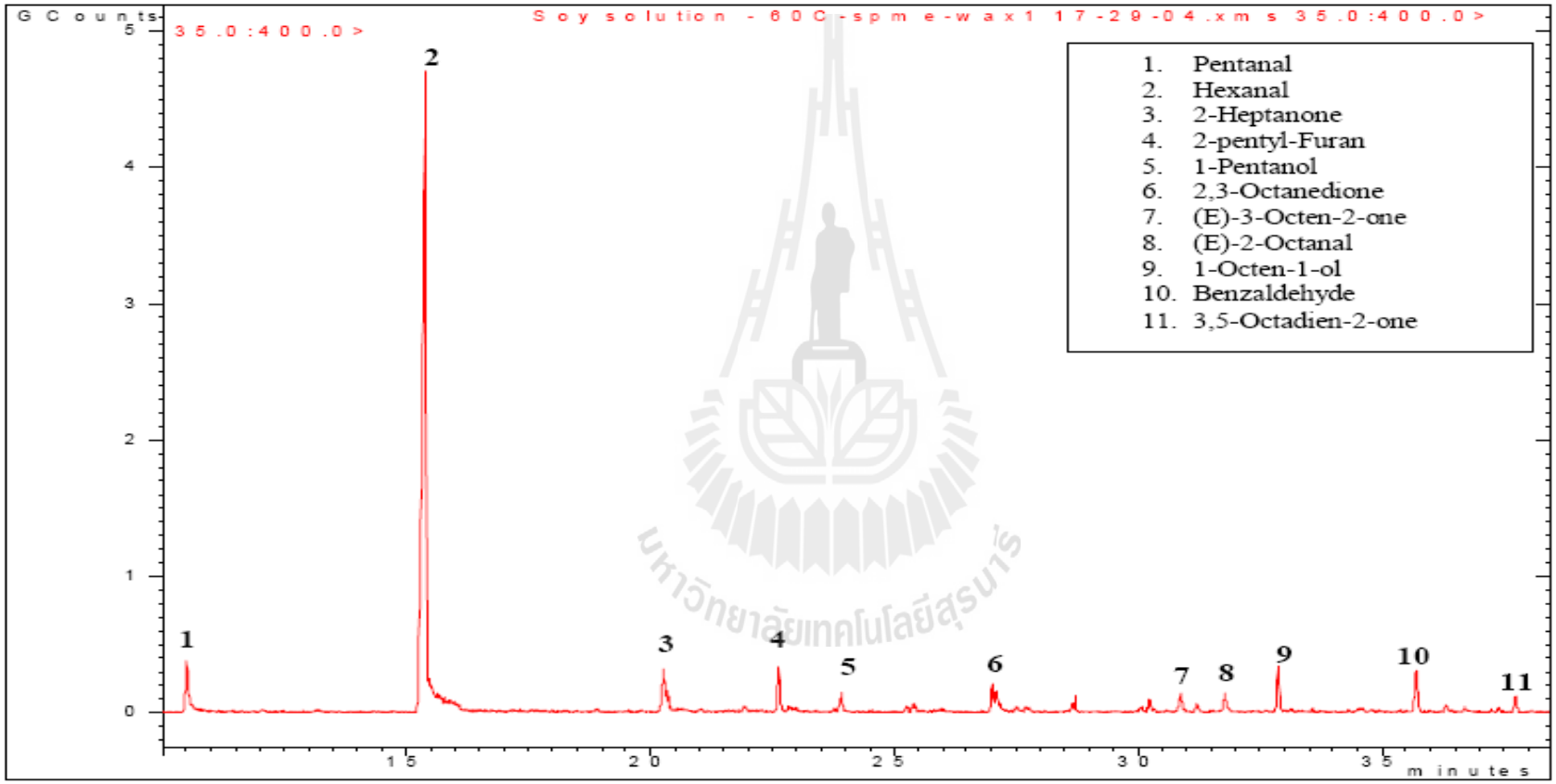
Wolf, W. J. (1975). Lipoxygenase and flavor of soybean protein products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 23: 136-141.

Yahya, F., Lu, T., Santos, R.C.D., Fryer, P.J. and Bakalis, S. (2010). Supercritical carbon dioxide and solvent extraction of 2-acetyl-1-pyrroline from Pandan leaf: The effect of pre-treatment. **The Journal of Supercritical Fluide**. 55: 200-2010.

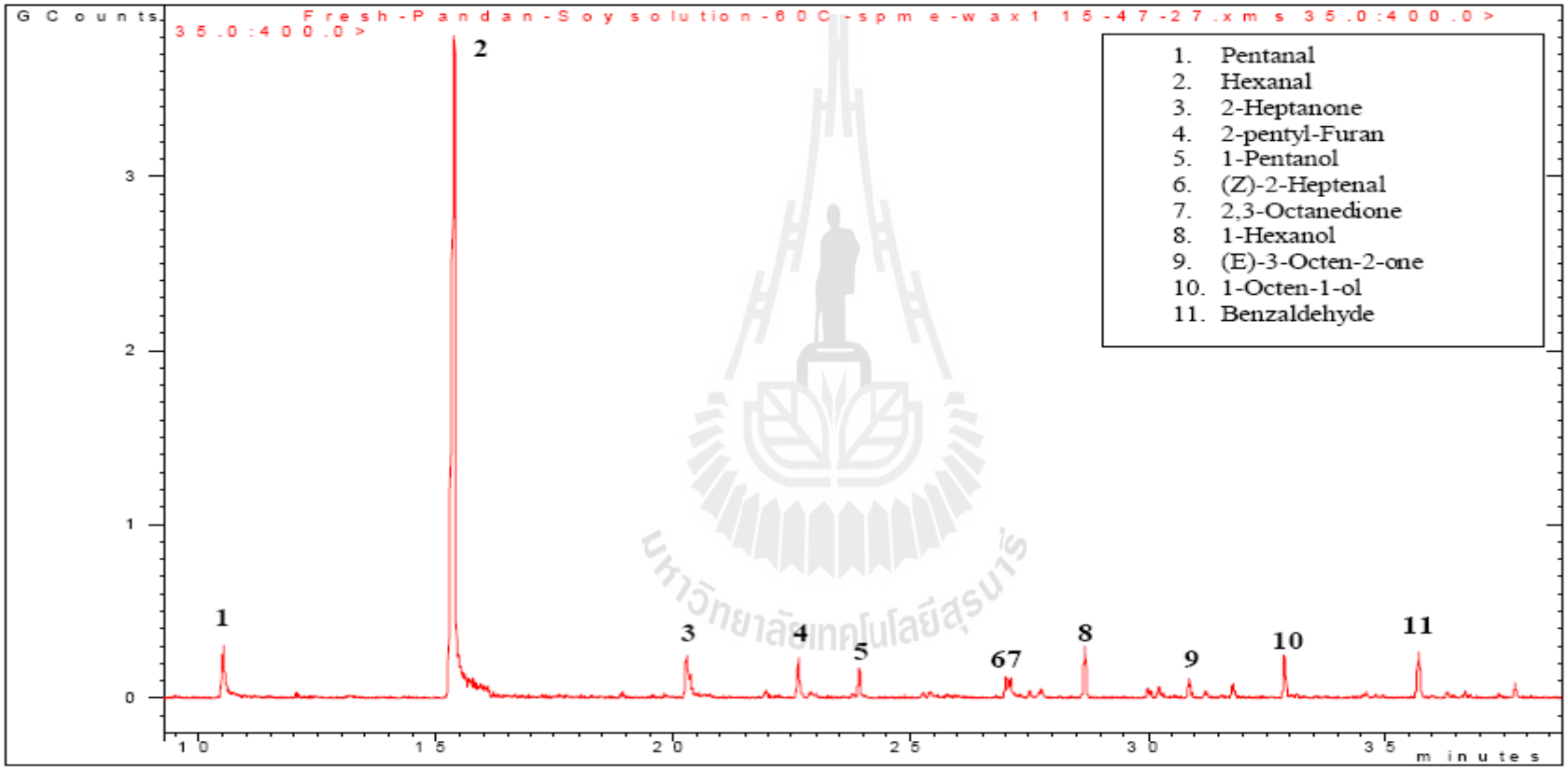
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

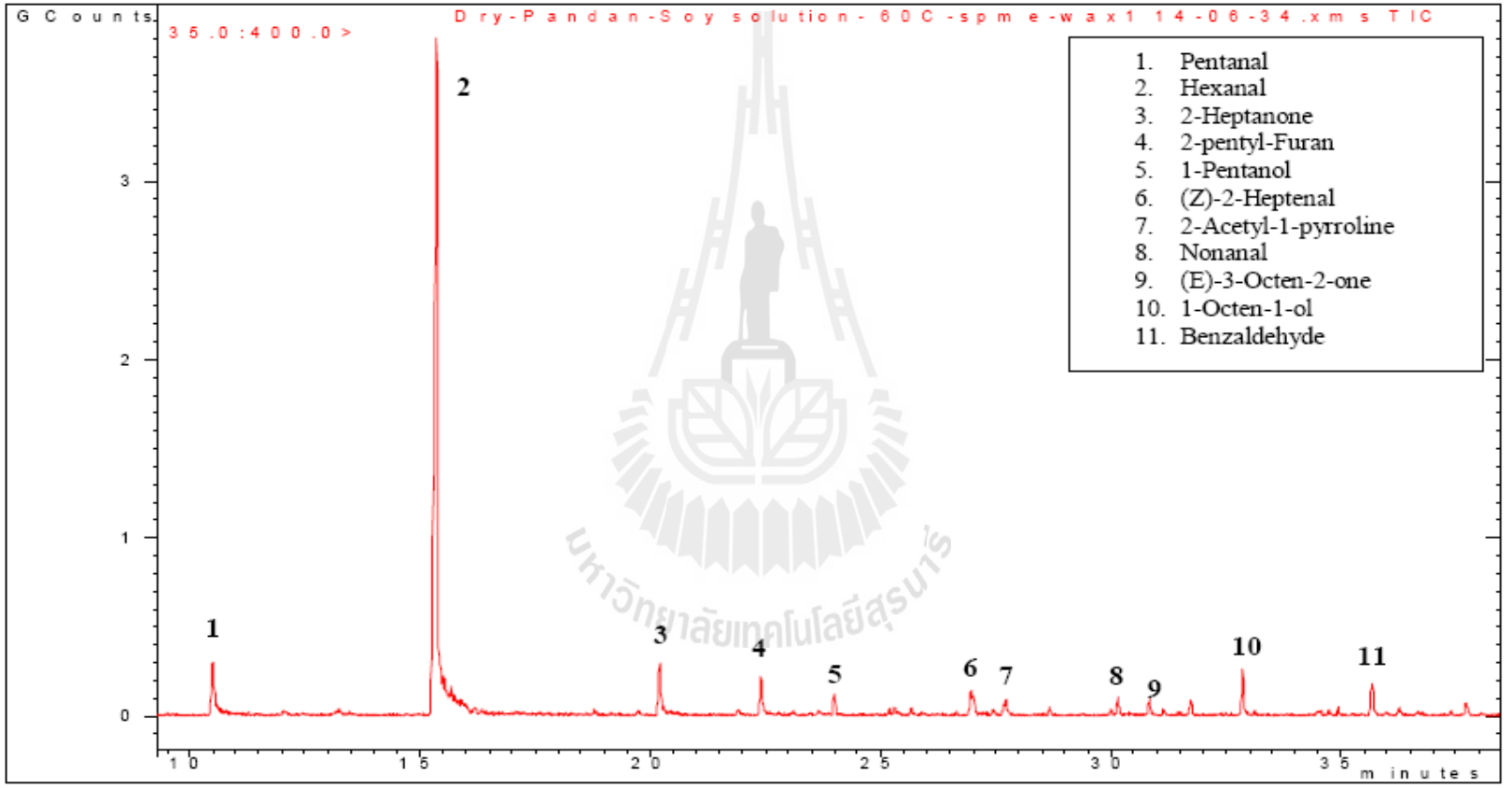
ผลการทดลอง



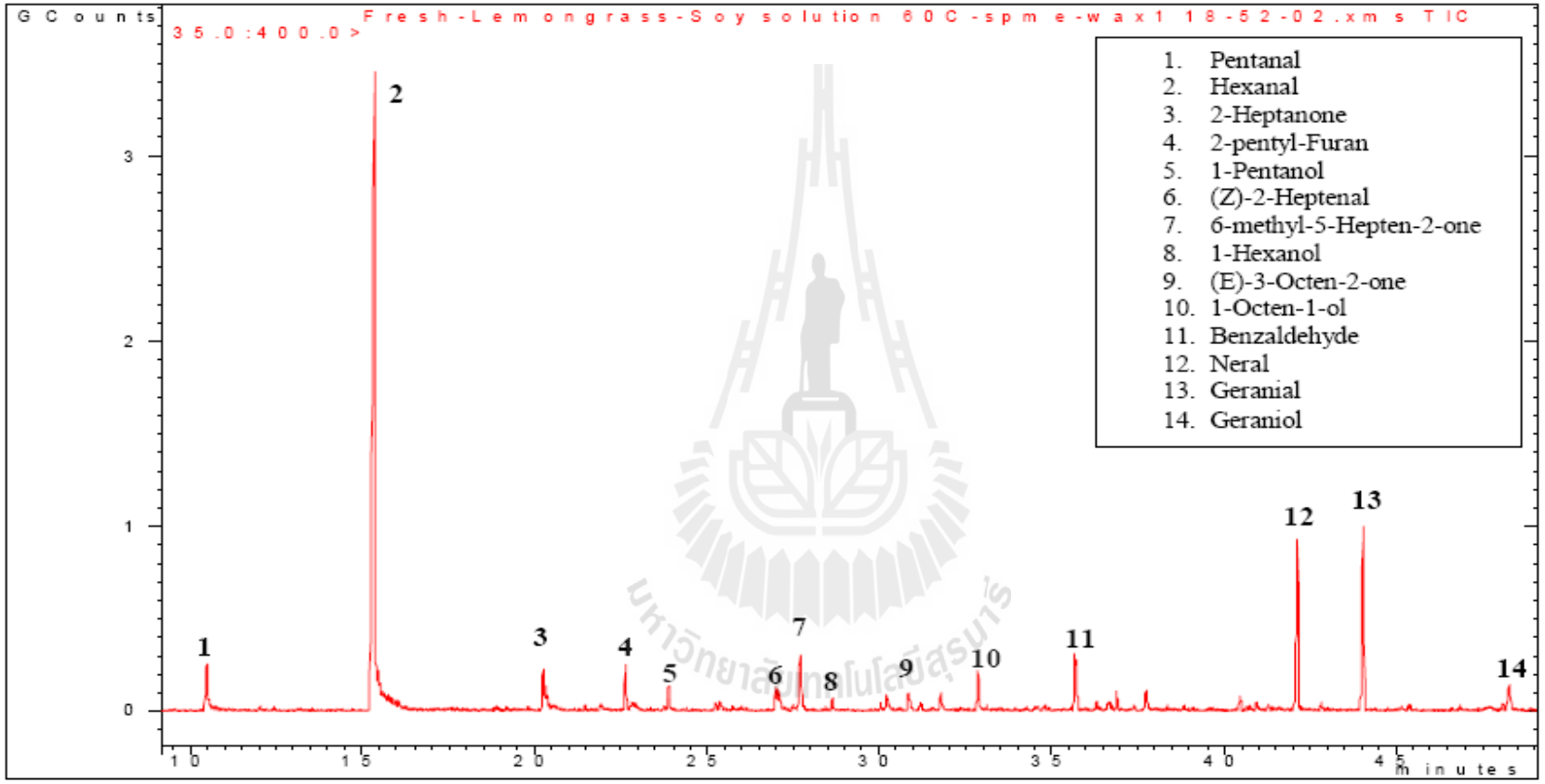
ภาพที่ ก. 1 Volatile compound (สารประกอบของกลิ่นรส beany) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่อยู่ในตัวอย่างตัวอย่างสารละลาย soy protein isolate



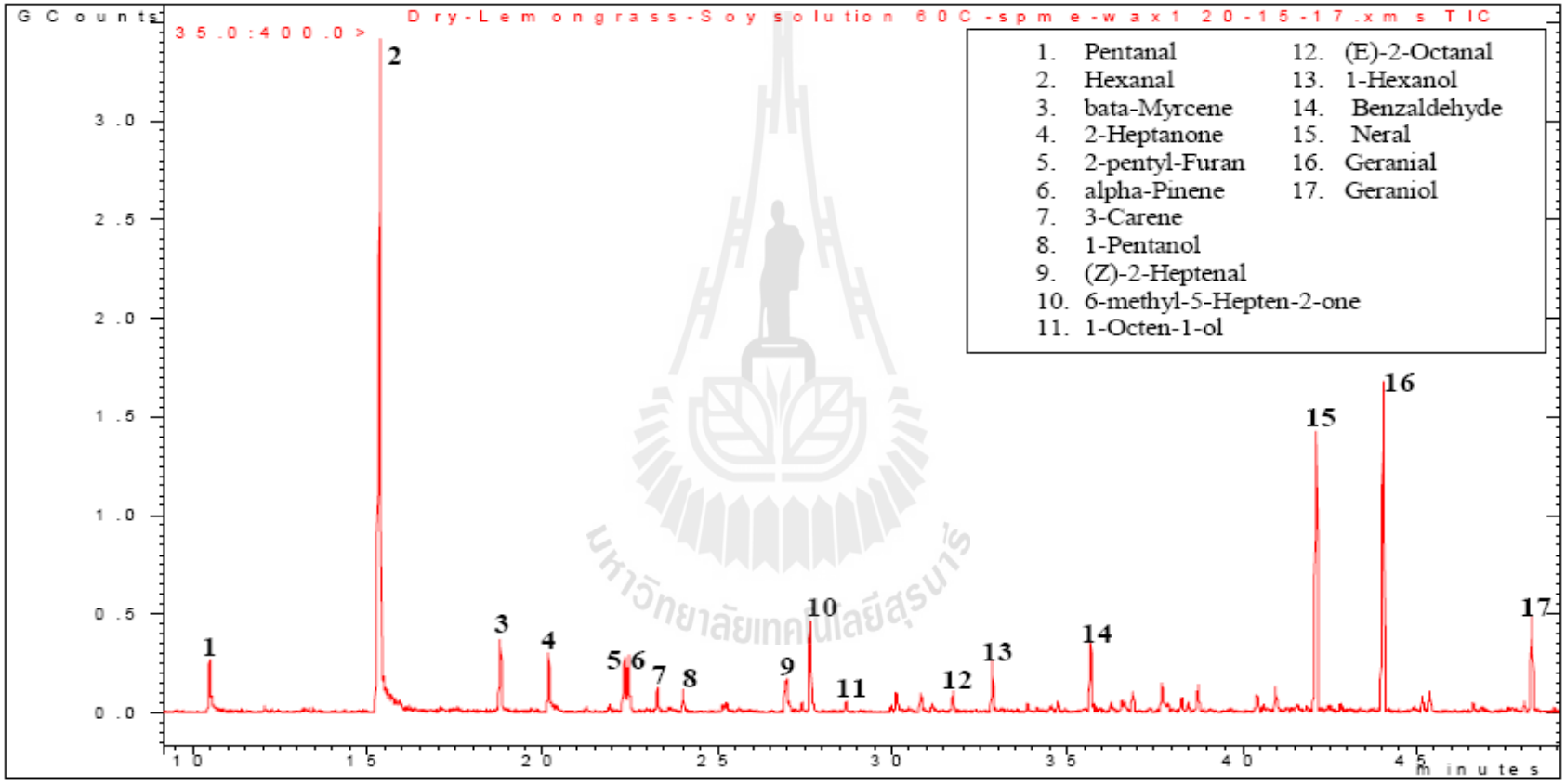
ภาพที่ ก. 2 Volatile compound (สารประกอบของกลิ่นรส beany และสารหลักของกลิ่นใบเตย) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่อยู่ในตัวอย่างสารละลาย soy protein isolate ที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสด



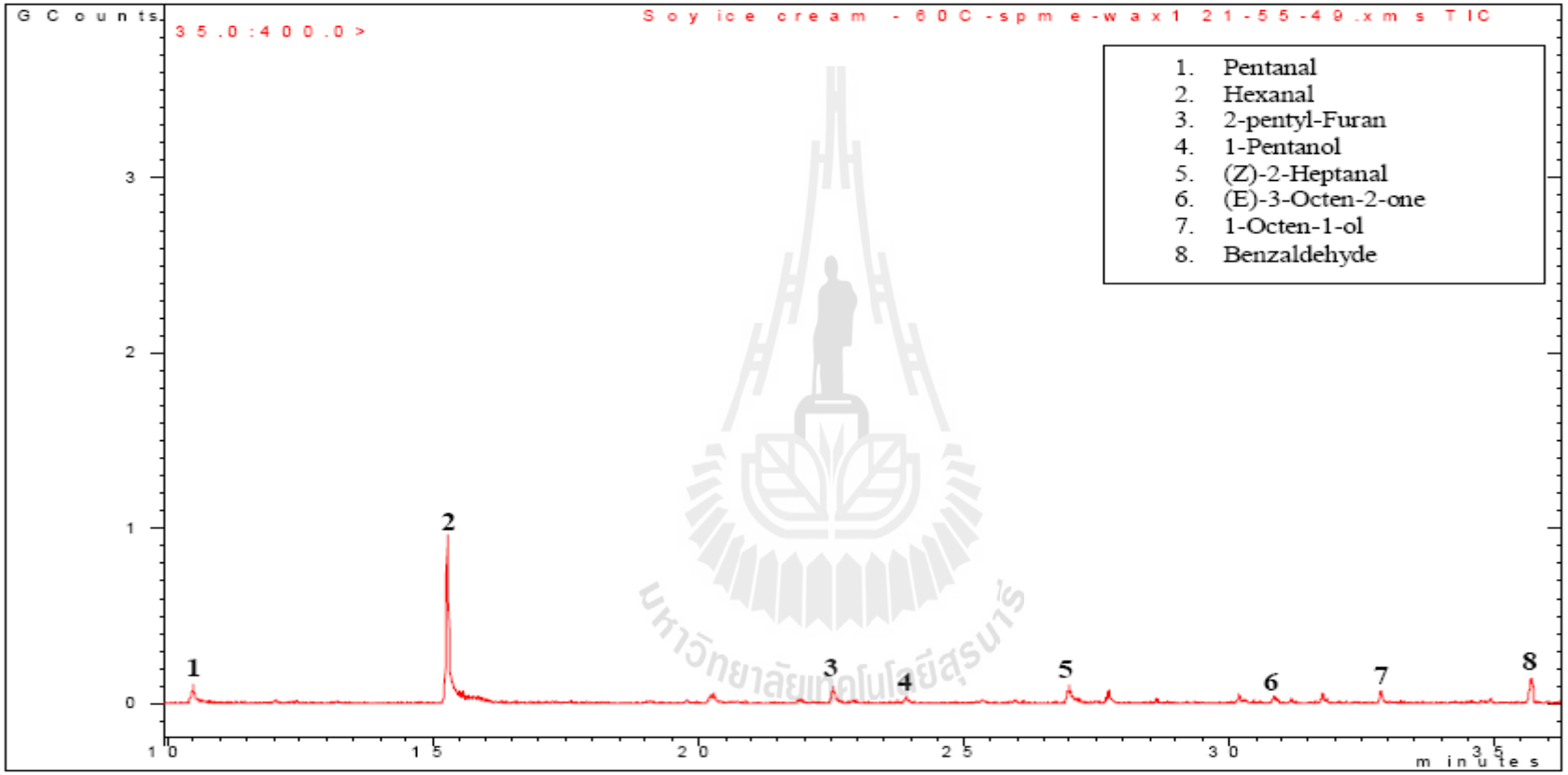
ภาพที่ ก. 3 Volatile compound (สารประกอบของกลิ่นรส beany และสารหลักของกลิ่นใบเตย) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่อยู่ในตัวอย่างสารละลาย soy protein isolate ที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผง



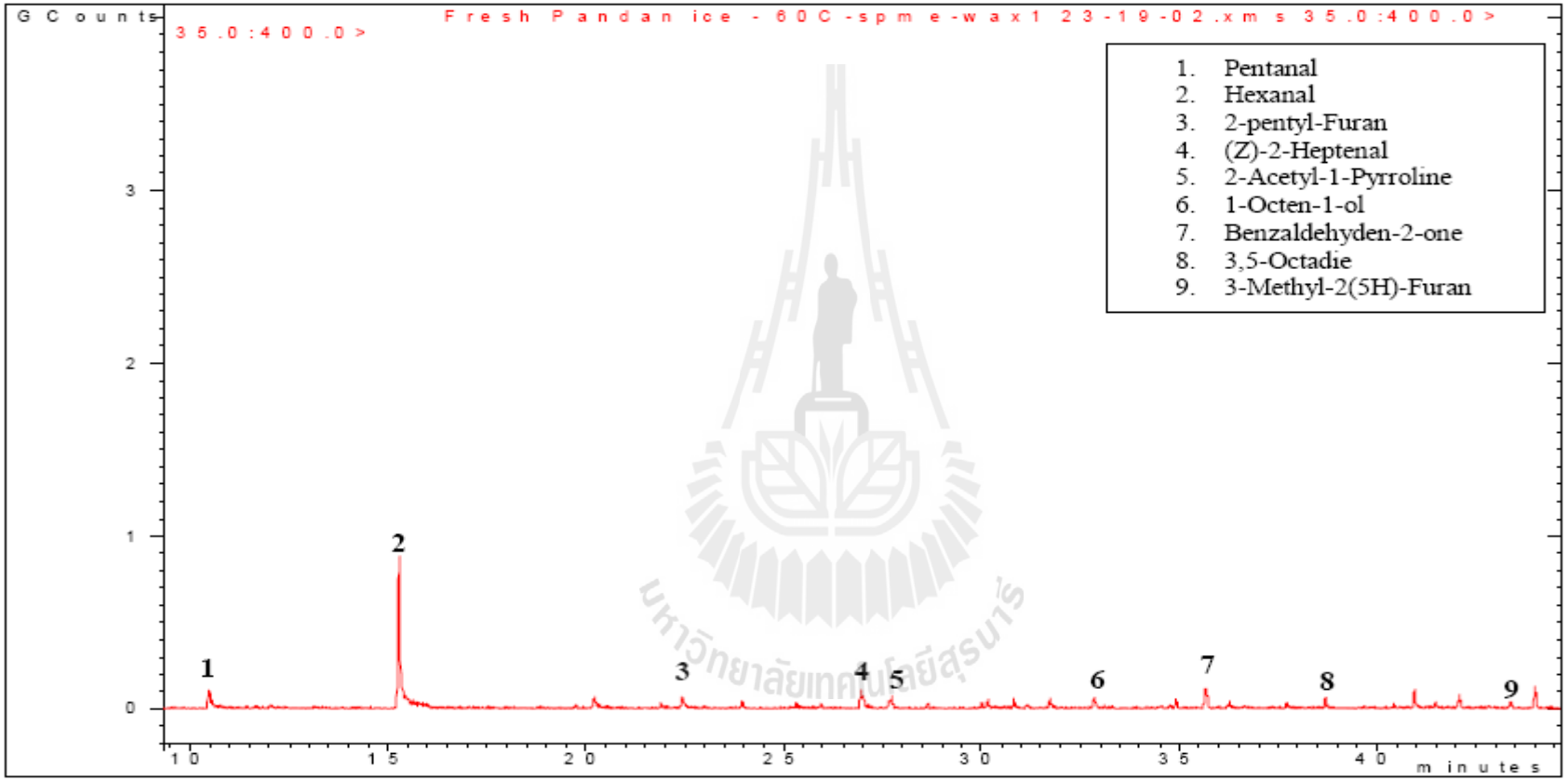
ภาพที่ ก. 4 Volatile compound (สารประกอบของกลิ่นรส beany และสารหลักของกลิ่นตะไคร้) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่อยู่ในตัวอย่างสารละลาย soy protein isolate ที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สด



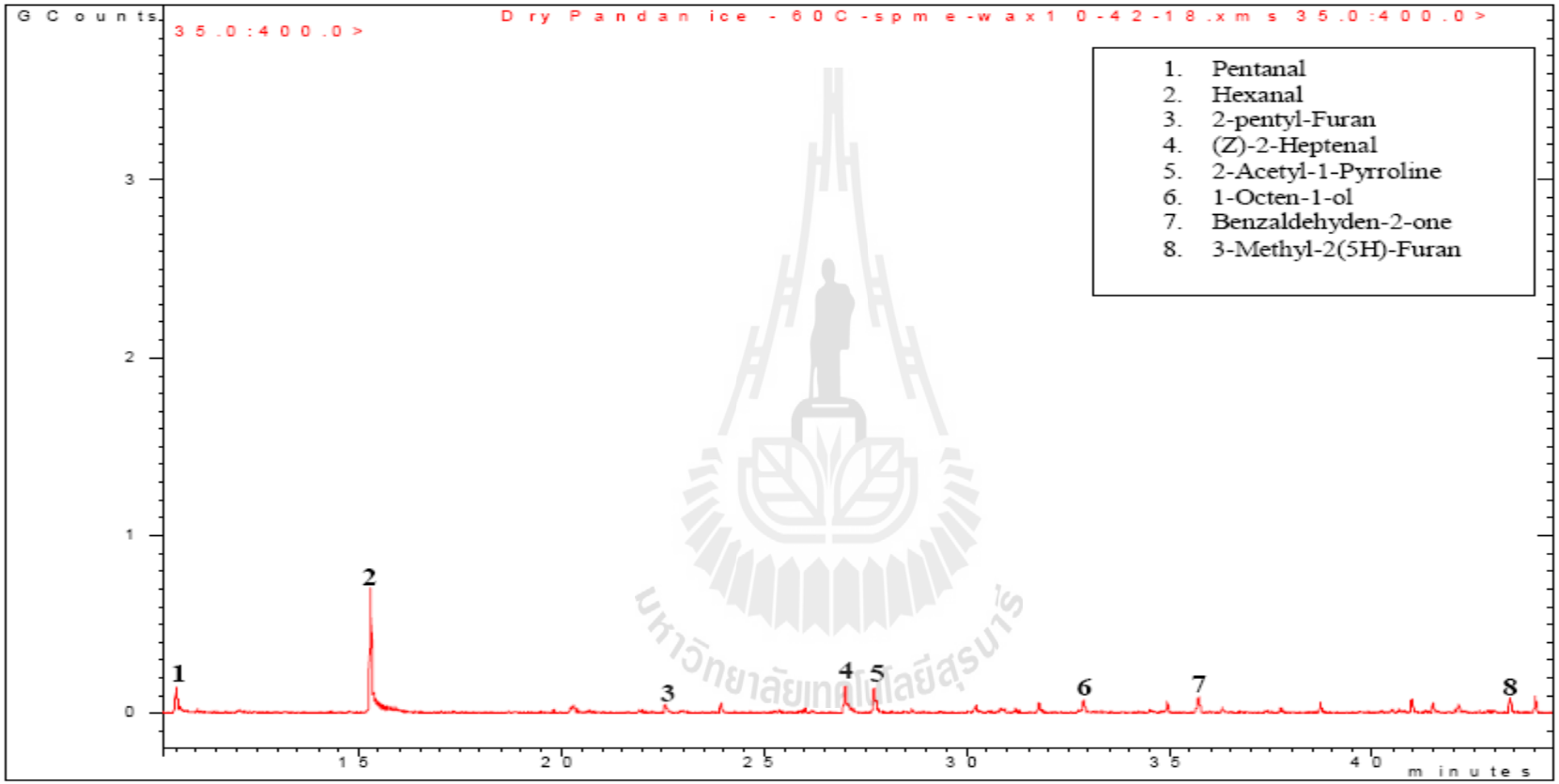
ภาพที่ ก. 5 Volatile compound (สารประกอบของกลิ่นรส beany และสารหลักของกลิ่นตะไคร้) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่อยู่ในตัวอย่างสารละลาย soy protein isolate ที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้ผง



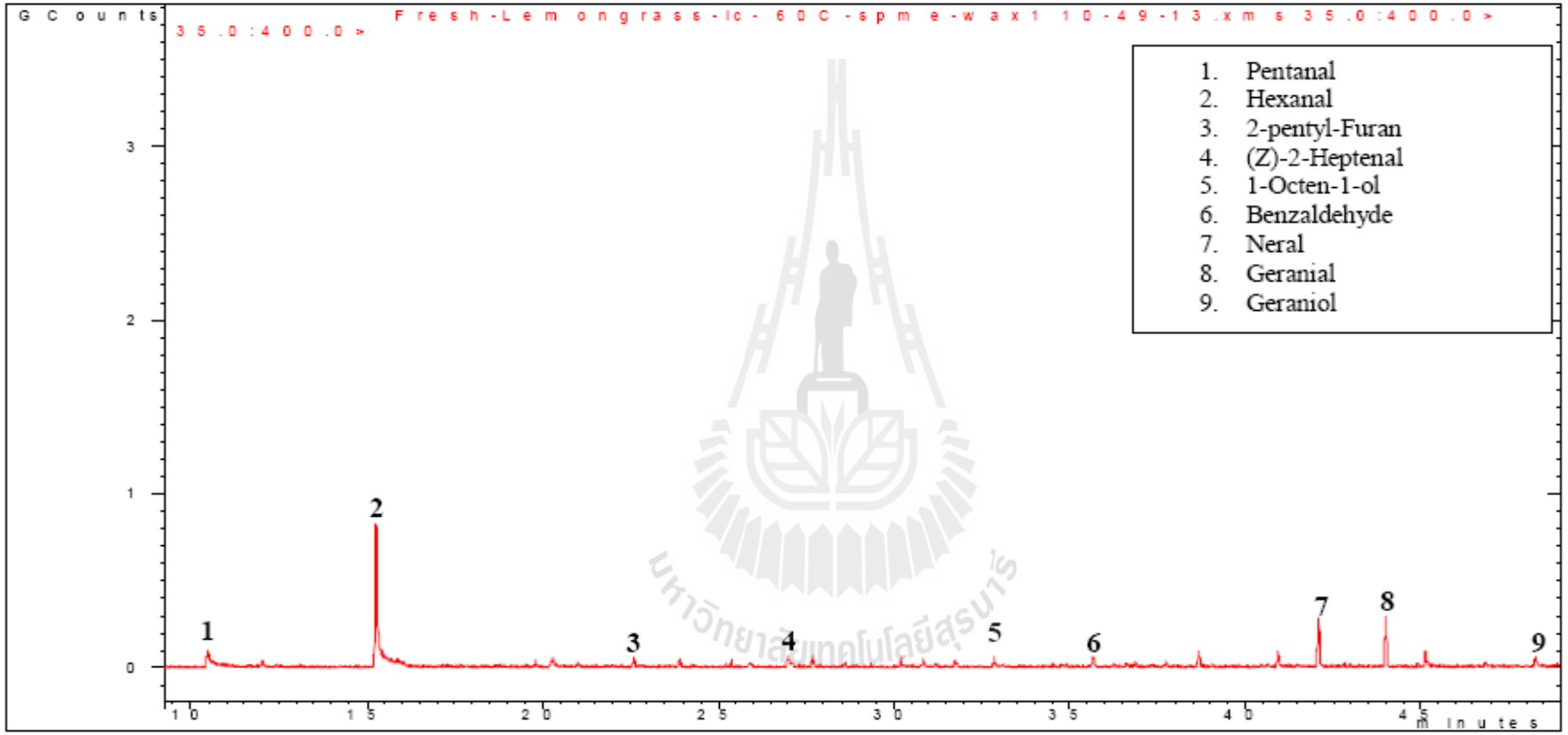
ภาพที่ ก. 6 Volatile compound (สารประกอบของกลิ่นรส beany) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่อยู่ในตัวอย่างตัวอย่างไอศกรีมถั่วเหลืองที่ยังไม่มีการปรับปรุงกลิ่นรส



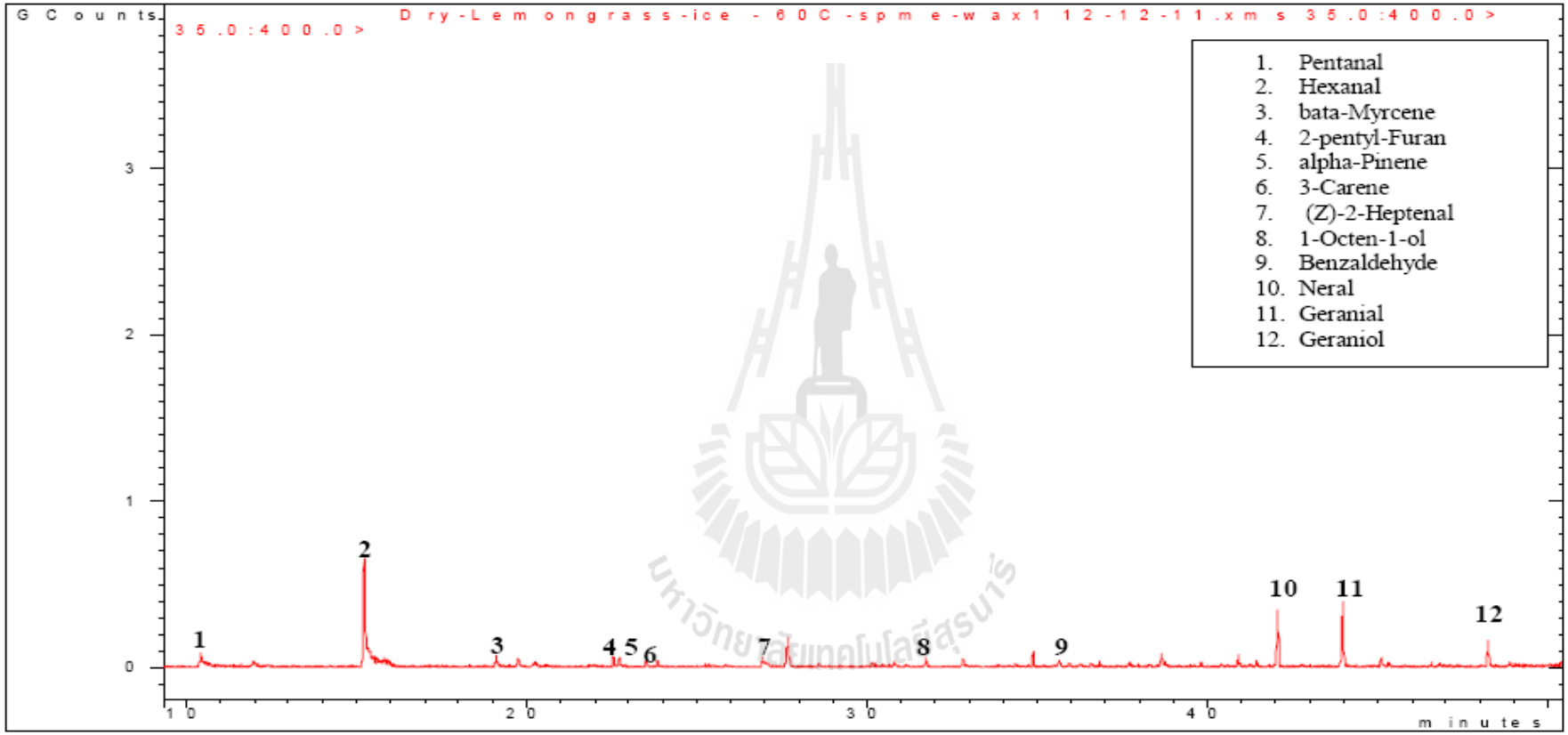
ภาพที่ ก. 7 Volatile compound (สารประกอบของกลิ่นรส beany และสารหลักของกลิ่นใบเตย) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่สามารถลดกลิ่น beany อยู่ในตัวอย่างไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำใบเตยสด



ภาพที่ ก. 8 Volatile compound (สารประกอบของกลิ่นรส beany และสารหลักของกลิ่นใบเตย) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่สามารถลดกลิ่น beany อยู่ในตัวอย่างไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยใบเตยผง



ภาพที่ ก. 9 Volatile compound (สารประกอบของกลิ่นรส beany และสารหลักของกลิ่นตะไคร้) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่สามารถลดกลิ่น beany อยู่ในตัวอย่างไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยน้ำตะไคร้สด



ภาพที่ ก. 10 Volatile compound (สารประกอบของกลิ่นรส beany และสารหลักของกลิ่นตะไคร้) ของขีดจำกัดต่ำสุด (Threshold) ที่สามารถลดกลิ่น beany อยู่ในตัวอย่างไอศกรีมถั่วเหลืองที่มีการปรับปรุงกลิ่นรสด้วยตะไคร้ผง

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบการยอมรับ (Acceptance test)

ชุดตัวอย่างที่..... วันที่.....

ชื่อตัวอย่าง..... ชื่อผู้บริโภค..... .....

<u>คำชี้แจง</u>: กรุณาดมและชิมตัวอย่างต่อไปนี้และให้ระดับความชอบและไม่ชอบแต่ละตัวอย่างตามลำดับที่เสนอจากซ้ายไปขวา และให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่าง โดยกำหนดให้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด	2 = ไม่ชอบมาก	3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย	5 = เฉยๆ	6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง	8 = ชอบมาก	9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะต่างๆของตัวอย่างไอกรีม	**รหัสตัวอย่าง**		
1. สีของผลิตภัณฑ์	.....	.....	.....
2. กลิ่นรส	.....	.....	.....
3. การยอมรับโดยรวมต่อตัวอย่างไอศกรีมที่ได้รับ (overall acceptance)	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

Ranking Test

ชื่อผู้ทดสอบ…….... วันที่……

ชนิดตัวอย่าง……**……**……...

<u>คำชี้แจง</u>: กรุณาดมและชิมตัวอย่าง 5 ตัวอย่างต่อไปนี้ จากซ้ายไปขวา และให้เรียงลำดับความชอบในเรื่องของกลิ่นรสใบเตย โดยกำหนดให้

1 = หอมมากที่สุด 2 = หอมมาก 3 = หอมปานกลาง 4 =หอมน้อย 5 = หอมน้อยที่สุด

รหัส……. รหัส……**…** รหัส…….. รหัส…….. รหัส…**……**

ลำดับที่…… ลำดับที่…… ลำดับที่..… ลำดับที่….. ลำดับที่……

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อเสนอแนะ…….....

.....

.....

ประวัติผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวัฒ ไทยอุดม สำเร็จการศึกษาระดับระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ (เกียรตินิยม อันดับ 2) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขนในปีการศึกษา 2535 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2538 จากนั้นเข้าทำงานเป็นพนักงานของรัฐ ในตำแหน่งอาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ก่อนได้ทุนรัฐบาลแคนาดาและทุนพัฒนาอาจารย์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเพื่อศึกษาปริญญาเอก ณ University of Guelph, Ontario ประเทศแคนาดาในปีการศึกษา 2541 และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2545 เพื่อเข้าทำหน้าที่เป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีจนกระทั่งปัจจุบัน

ประสบการณ์ทำงาน/ฝึกอบรม

- ปี พ.ศ. 2546 ได้รับทุนรัฐบาลเยอรมันเข้าฝึกอบรมเรื่อง Modern Biotechnology and Technology Transfer ณ ประเทศเยอรมัน เป็นเวลา 10 เดือน
- ปี พ.ศ. 2548 ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยผู้อำนวยการศูนย์เครื่องมือและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- ปี พ.ศ. 2551 ดำรงตำแหน่งรองผู้อำนวยการศูนย์สหกิจศึกษาและพัฒนาอาชีพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- ปี พ.ศ. 2551 ดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการศูนย์สหกิจศึกษาและพัฒนาอาชีพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- ปี พ.ศ. 2554 ดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการศูนย์กิจการนานาชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานโดดเด่น

- ปี พ.ศ. 2550 งานวิจัยร่วมกับบริษัทแดรี่ โฮม จำกัด เรื่อง “การเพิ่มเมลาโทนินธรรมชาติในนมพลาสเจอไรส์” ซึ่งเป็นงานวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่สถานประกอบการในโครงการ iTAP ของ สวทช. โครงการแรกของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี