การผลิตและการใช้ประโยชน์ของโปรตีนไฮโดรไลเซตและเส้นใยอาหาร จากกากมอลท์ของการผลิตเบียร์

นางสาว จันทนี จิตพิมลมาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-635-716-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17170035

PRODUCTION AND UTILIZATION OF PROTEIN HYDROLYSATE AND DIETARY FIBER FROM BREWERS' SPENT GRAIN

Miss. Jantanee Jitpimolmard

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Food Technology
Department of Food Technology
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1996

ISBN 974-635-716-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตและการใช้ประโยชน์ของโปรตีนไฮโดรไลเซตและเส้นใยอาหาร จากกากมอลท์ของการผลิตเบียร์
โดย	นางสาวจันทนี จิตพิมลมาศ
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พัชรี ปานกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตุลยธัญ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

จันทนี จิตพิมลมาศ : การผลิตและการใช้ประโยชน์ของโปรตีนไฮโดรไลเซตและเส้นใยอาหารจากกากมอลท์ของการผลิตเบียร์ (PRODUCTION AND UTILIZATION OF PROTEIN HYDROLYSATE AND DIETARY FIBER FROM BREWERS' SPENT GRAIN) อ.ที่ปรึกษา : อ. ดร. รมณี สงวนดีกุล, 179 หน้า. ISBN 974-635-716-6.

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตและการใช้ประโยชน์ของโปรตีนไฮโดรไลเซตและเส้นใยอาหารจากกากมอลท์ (โปรตีน 15.53%, ไขมัน 6.02%, เส้นใย 13.62 %โดยน้ำหนักแห้ง) ศึกษาภาวะการเตรียมวัตถุดิบส่วนโปรตีนด้วยการร่อนเปียกผ่านตะแกรงพบว่า ขนาดตะแกรง 35 mesh ให้ปริมาณโปรตีนและเปอร์เซ็นต์ผลผลิตโปรตีนสูงสุดคือ 29.65 % และ 7.79%โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ กำจัดไขมันโดยแปรอัตราส่วนกากมอลท์ต่อเอธานอลพบว่า ที่อัตราส่วน 1:40 เวลา 1 ชม. จะกำจัดไขมันได้มากที่สุด วัตถุดิบที่เตรียมได้จะมีโปรตีน 41.22% และมีไขมัน 1.16%โดยน้ำหนักแห้ง ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์โบรมิเลน (2 mAnson-E/mg) และปาเปน (30000 USP-U/mg) ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายด้วยโบรมิเลนคือ ใช้เอนไซม์ 0.5%โดยน้ำหนักแห้งของกากมอลท์ อุณหภูมิ 55 ^{o}C เวลา 48 ชม. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี amino nitrogen 0.48 g/l สำหรับการย่อยสลายด้วยปาเปนคือ ใช้เอนไซม์ 1.0%โดยน้ำหนักแห้งของกากมอลท์ อุณหภูมิ 50 ^{o}C เวลา 48 ชม. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี amino nitrogen 0.42 g/l ไฮโดรไลเซตที่ได้มีสีเหลืองใส รสหวานเล็กน้อยและมีกลิ่นธัญพืช (คล้ายกากมอลท์สด) เลือกภาวะที่เหมาะสมจากการย่อยด้วยเอนไซม์ โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นพบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลน จะให้กลิ่นหอมของธัญพืชสูงสุด ($p \leq 0.05$) และประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบทุกชนิด จึงใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องดื่มเกลือแร่ด้วยการเติมกลิ่นเทียบกับ control พบว่าสูตรที่เติมกลิ่น pineapple ได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด จึงเลือกเครื่องดื่มเกลือแร่สูตรนี้ ไปศึกษาอายุการเก็บ โดยการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 85 ^{o}C เวลา 1.5 นาที และเก็บที่อุณหภูมิ 4-10 ^{o}C พบว่า ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บอย่างน้อย 30 วัน

สำหรับส่วนเส้นใยอาหารที่แยกได้จากโปรตีนจากกากมอลท์นำมาใช้เติมลงไปในผลิตภัณฑ์คุกกี้ แปรขนาดและปริมาณเส้นใยอาหารพบว่า คุกกี้เติมเส้นใยอาหารที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh ปริมาณ 5%ของน้ำหนักแป้ง ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด และคุกกี้มีปริมาณเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น 15 เท่า และนำมาศึกษาผลของอิมัลซิฟายเออร์ แปรชนิดอิมัลซิฟายเออร์ 2 ชนิดคือ เลซิติน และ เพกโต-3® (50 %sodium stearoyl lactate+50 %calcium stearoyl lactate) พบว่า เพกโต3®ที่ระดับ 0.1 %โดยน้ำหนักแป้ง จะให้คุกกี้ที่มีลักษณะปรากฏที่ดี จึงใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา 2 เดือน แปรภาชนะบรรจุเป็น 3 ชนิด คือ ถุงพลาสติก Polyethylene (PE) ถุง Aluminium foil (PE/aluminium) ถุง Metallized film (OPP/CPP/metallized) ตรวจสอบทุก 2 สัปดาห์ พบว่า เมื่อเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ความชื้น และค่าเปอร์ออกไซด์ใน ถุง PE เพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) และในสัปดาห์ที่ 2 ผู้ทดสอบเริ่มไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ส่วนผลิตภัณฑ์ในถุง Aluminium foil และ ถุง Metallized film พบว่าความชื้นและค่าเปอร์ออกไซด์เปลี่ยนแปลงน้อยมาก ($P \leq 0.05$) และสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้อย่างน้อย 2 เดือน

ภาควิชา .....เทคโนโลยีทางอาหาร..... **ลายมือชื่อนิสิต** .....

สาขาวิชา .....เทคโนโลยีทางอาหาร..... **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา** .....

ปีการศึกษา .....2539..... **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม** .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C 627110 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEY WORD:
BREWERS' SPENT GRAIN / PROTEIN HYDROLYSATE / DIETARY FIBER

JANTANEE JITPIMOLMARD : PRODUCTION AND UTILIZATION OF PROTEIN HYDROLYSATE AND DIETARY FIBER FROM BREWERS' SPENT GRAIN.
THESIS ADVISOR : DR. ROMANEE SANGUANDEEKUL,Ph.D., 179 PP. ISBN 974-635-716-6

The conditions to produce protein hydrolysate and to use fiber from Brewers'spent grain (15.53 %protein, 6.02%fat, 13.62 %fiber on dry basis) were studied. Protein from spent grain was prepared by using wet seiving. The best condition to obtain the highest protein and yield of protein (29.65 % and 7.79 %on dry basis respectively) was to use 35 mesh sieve. Fat was extracted from spent grain protein by varying ratio of spent grain protein to ethanol. The appropriate condition was to use protein per ethanol at 1:40 for 1 hour. The spent grain protein prepared contained 41.22%protein and 1.16 % fat on dry basis which was used as the substrate for hydrolysis by bromelain (2mAnson-E/mg) and papain (30,000 USP-U/mg). The best condition to produce protein hydrolysate from this protein fraction by bromelain was to use 0.5 % bromelain on dry basis of the spent grain protein, at 55 ^{o}C for 48 hours giving amino nitrogen of 0.48 g/L. For protein hydrolysate by papain, the condition was to use 1.0 %papain on dry basis of spent grain protein, at 50 ^{o}C for 48 hours which resulted in protein hydrolysate with amino nitrogen of 0.42 g/L. Both protein hydrolysates produced were yellow, clear, slightly sweet and with cereal flavour (similar to fresh malts). The sensory quality of spent grain hydrolysate produced by using bromelain was better than the other ($p \leq 0.05$). The hydrolysate contained all essential amino acid. This hydrolysate was used to prepare protein hydrolysate sport drink. The sensory quality of protein hydrolysate sport drink was improved by adding flavour compared with control. The most acceptable formula was to use pineapple flavour, which were stored at 4-10 ^{o}C after pasteurization at 80 ^{o}C for 1.5 minute. It was found that the sport drink could be stored for at least 30 days

Cookies were made by adding dietary fiber from spent grain at different size and amount. The best cookie was produced by using fiber that passed through 50 mesh sieve at 5%of flour weight. This cookie was 15 times higher in dietary fiber. Lecithin and pacto-3® (contains 50 % sodium stearoyl lactate and 50 % calcium stearoyl lactate) were used as emulsifier in the cookies. Using pacto-3® at 0.1 % by flour weight gave the best appearance. This was consequently chosen to study the storage test for 2 months with three types of packaging: polyethylene (PE), aluminium foil (PE/aluminium), metallized film (OPP/CPP/metallized). By sampling every 2 weeks, it was found that as storage time increased, the moisture content and peroxide value ($p \leq 0.05$) of the cookies in PE bag increased. After storage for 2 weeks in PE bag, the cookies became unacceptable. Cookies packed in aluminium foil and metallized film were slightly changes in moisture content and peroxide value ($p \leq 0.05$) and could be kept for at least 2 months.

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดต่างๆ ของงานวิจัยด้วยดีตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. พัชรี ปานกุล ในฐานะประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตุลยธัญ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ ที่ได้กรุณาสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณบริษัทบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กากมอลท์

ขอขอบพระคุณ บริษัทสตรองแพ็ค จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ภาชนะบรรจุประเภทถุง Metallized film และถุง Aluminium foil

ขอขอบพระคุณ นายสุทธิพงศ์ พฤกษ์ประเสริฐ์ บริษัททรีทัน (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเลซิติน

ขอขอบพระคุณ นางสาวรัตนันท์ พรรณารุโณทัย บริษัทจาร์พา เท็คเซ็นเตอร์ จำกัดที่ให้ความอนุเคราะห์และแนะนำการใช้เครื่อง Texture Analyser

ขอขอบพระคุณ นายธัญญวัฒน์ รุ่งทิวาสุวรรณ บริษัท Firmenich จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์และคำแนะนำในการใช้สารให้กลิ่นรสตลอดจนสูตรและส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตน้ำดื่มเกลือแร่

ขอขอบพระคุณ นายประยงค์ เอื้อวิวัฒน์สกุล บริษัท กรุงเทพธุรภัณฑ์ ออโตเมชั่น จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์และแนะนำการใช้เครื่องวัดสี Minolta CR-A 70

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ พี่ๆ น้องๆ และเพื่อนๆ ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ เป็นอย่างดี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณแม่และคุณอา ที่ช่วยสนับสนุนในด้านการเงินและให้การสนับสนุนทุกอย่างแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ 1

2. วารสารปริทัศน์ 3

3. การทดลอง 37

4. ผลการทดลอง 52

5. วิจารณ์ผลการทดลอง 103

6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 124

รายการอ้างอิง 126

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก 135

ภาคผนวก ข 152

ภาคผนวก ค 156

ภาคผนวก ง 158

ภาคผนวก จ 160

ภาคผนวก ฉ 165

ประวัติผู้เขียน 179

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวบาร์เลย์ 5
2.2 องค์ประกอบของกากมอลท์ 10
2.3 องค์ประกอบกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์กากมอลท์ที่อุดมด้วยโปรตีน และถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน 13
2.4 สมบัติต่างๆ ของเอนไซม์ปาเปน และโบรมิเลน 19
2.5 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเซต 21
2.6 Taste description and threshold values of amino acids 24
2.7 ส่วนประกอบพื้นฐานของเครื่องดื่มเกลือแร่ต่อน้ำ 1 ลิตร 26
2.8 ปริมาณเส้นใยอาหาร เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน ไฟติกแอซิดของกากมอลท์ รำข้าวสาลี และแหล่งเส้นใยอาหารอื่นๆ 34
2.9 สมบัติของภาชนะบรรจุที่ใช้ในงานวิจัย 36
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากมอลท์สด 53
4.2 ปริมาณโปรตีน, เปอร์เซนต์ผลผลิต (%Yield) และเปอร์เซนต์ผลผลิตโปรตีน (%Protein Yield) ที่ได้เมื่อร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35, 50, 70, 200 และ 325 mesh 54
4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโปรตีน, เปอร์เซนต์ผลผลิต (%Yield) และเปอร์เซนต์ผลผลิตโปรตีน (%Protein Yield) ที่ได้เมื่อร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35, 50, 70, 200 และ 325 mesh 54
4.4 ปริมาณไขมันจากอนุภาคโปรตีนที่สกัดโดยแปรปริมาณอนุภาคโปรตีนต่อเอธานอลเป็น 1:20, 1:30, 1:40, 1:50 และ 1:60 และสกัดเป็นเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง 56
4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณไขมันที่สกัดด้วยเอธานอลจากอนุภาคโปรตีน โดยแปรปริมาณอนุภาคโปรตีนต่อเอธานอลเป็น 1:20, 1:30, 1:40, 1:50 และ 1:60 และสกัดเป็นเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง 56

ตารางที่ หน้า

4.6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันที่สกัดได้ โดยแปรปริมาณเอธานอล และเวลาในการสกัด เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณเอธานอล..... 57
4.7 องค์ประกอบทางเคมีของกากมอลท์ที่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบ..... 59
4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ amino nitrogen ของโปรตีนไฮโดรไลเซต จากกากมอลท์ที่ผ่านการย่อยสลายที่ pH 7 อุณหภูมิ 50, 55 และ 60 ^{o}C ด้วยเอนไซม์โบรมิเลนและปาเปน ปริมาณ 0.1, 0.5 และ 1.0 %โดยน้ำหนักแห้ง ของกากมอลท์เป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง..... 62
4.9 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์โบรมิเลนที่อุณหภูมิ 55 ^{o}C ความเข้มข้นเอนไซม์ 0.5 % โดยน้ำหนักแห้ง เวลา 48 ชั่วโมง และโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากการย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์ปาเปนที่อุณภูมิ 50 ^{o}C ความเข้มข้นเอนไซม์ 1.0 % โดยน้ำหนักแห้ง เวลา 48 ชั่วโมง..... 63
4.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์โบรมิเลนที่อุณหภูมิ 55 ^{o}C ความเข้มข้นเอนไซม์ 0.5 %โดยน้ำหนักแห้ง เวลา 48 ชั่วโมง และโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากการย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์ปาเปนที่อุณภูมิ 50 ^{o}C ความเข้มข้นเอนไซม์ 1.0 % โดยน้ำหนักแห้ง เวลา 48 ชั่วโมง..... 64
4.11 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนไฮโดรไลเซต..... 66
4.12 ค่าเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเกลือแร่สูตรต่างๆ..... 67
4.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเกลือแร่สูตรต่างๆ..... 67
4.14 ปริมาณองค์ประกอบของเครื่องดื่มเกลือแร่ในปริมาตร 100 ซม^{3}..... 69
4.15 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในเครื่องดื่มเกลือแร่..... 70
4.16 ค่าเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส ลักษณะปรากฏ และการยอมรับรวมของเครื่องดื่มเกลือแร่ เก็บที่ 4-10 ^{o}C เป็นเวลา 30 วัน..... 71

ตารางที่ หน้า

4.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ และการยอมรับรวมของเครื่องดื่มเกลือแร่ เก็บที่ 4-10 ^{o}C เป็นเวลา 30 วัน 71
4.18 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และลักษณะปรากฏของเครื่องดื่มเกลือแร่ ที่เก็บที่ 4-10 ^{o}C เป็นเวลา 30 วัน 72
4.19 ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของเครื่องดื่มเกลือแร่ ที่เก็บที่ 4-10 ^{o}C เป็นเวลา 30 วัน 72
4.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของเครื่องดื่มเกลือแร่ ที่เก็บที่ 4-10 ^{o}C เป็นเวลา 30 วัน 73
4.21 ค่า pH, Transmittance และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ของเครื่องดื่มเกลือแร่ ที่เก็บที่ 4-10 ^{o}C เป็นเวลา 30 วัน 73
4.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า pH, Transmittance และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของเครื่องดื่มเกลือแร่ ที่เก็บที่ 4-10 ^{o}C เป็นเวลา 30 วัน 74
4.23 ปริมาณเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ของส่วนที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 25, 35 และ 50 mesh 76
4.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ของส่วนที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 25, 35 และ 50 mesh 76
4.25 ค่าการขยายตัวของคุกกี้ (spread factor) เมื่อเติมเส้นใยที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 25, 35 และ 50 mesh ในปริมาณ 5, 10 และ 15 %โดยน้ำหนักของแป้ง 77
4.26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนการขยายตัวของคุกกี้ เมื่อเติมเส้นใยอาหารที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 25, 35 และ 50 mesh ในปริมาณ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนักของแป้ง 77
4.27 การเปรียบเทียบค่าการขยายตัวของคุกกี้ โดยแปรขนาดและปริมาณเส้นใยอาหาร เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณเส้นใยอาหาร 78
4.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของคุกกี้ เมื่อเติมเส้นใยอาหารที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 25, 35 และ 50 mesh ในปริมาณ 5, 10 และ 15 %โดยน้ำหนักแป้ง 79

ตารางที่ หน้า

4.29 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของคุกกี้แปรขนาดเส้นใยอาหาร 25, 35 และ 50 mesh และปริมาณที่เติม 5, 10 และ 15 %โดยน้ำหนักของแป้งโดยใช้ผู้ทดสอบชนิดผู้บริโภคทั่วไป 80
4.30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของคุกกี้แปรขนาดเส้นใยอาหาร 25, 35 และ 50 mesh และปริมาณที่เติม 5, 10 และ 15 %โดยน้ำหนักของแป้งโดยใช้ผู้ทดสอบชนิดผู้บริโภคทั่วไป 81
4.31 องค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้เติมเส้นใยอาหารที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh ในปริมาณ 5 %ของน้ำหนักแป้ง 83
4.32 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของคุกกี้ที่เติมเส้นใยอาหารร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh ปริมาณ 5 %ของน้ำหนักแป้ง โดยแปรปริมาณเลซิตินเป็น 1, 2 และ 3 %โดยน้ำหนักแป้ง โดยใช้ผู้ทดสอบชนิดผู้บริโภคทั่วไป 84
4.33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของคุกกี้ที่เติมเส้นใยอาหารร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh ปริมาณ 5 %ของน้ำหนักแป้ง โดยแปรปริมาณเลซิติน เป็น 1, 2 และ 3 %โดยน้ำหนักแป้งโดยใช้ผู้ทดสอบชนิดผู้บริโภคทั่วไป 84
4.34 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของคุกกี้ที่เติมเส้นใยอาหารร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh ปริมาณ 5 %ของน้ำหนักแป้ง โดยแปรปริมาณเพกโต-3® เป็น 0.1, 0.5 และ 1.0 %โดยน้ำหนักแป้งโดยใช้ผู้ทดสอบชนิดผู้บริโภคทั่วไป 85
4.35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของคุกกี้ที่เติมเส้นใยอาหารร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh ปริมาณ 5 %ของน้ำหนักแป้ง โดยแปรปริมาณเพกโต-3® เป็น 0.1, 0.5 และ 1.0 %โดยน้ำหนักแป้งโดยใช้ผู้ทดสอบชนิดผู้บริโภคทั่วไป 86

ตารางที่ หน้า

4.36 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของคุกกี้ที่เติมเส้นใยอาหารร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh ปริมาณ 5 %ของน้ำหนักแป้ง โดยแปรปริมาณเลซิติน 1 % และเพกโต-3® 0.1%โดยน้ำหนักแป้งโดยใช้ผู้ทดสอบชนิดผู้บริโภคทั่วไป..... 87

4.37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของคุกกี้ที่เติมเส้นใยอาหารร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh ปริมาณ 5 %ของน้ำหนักแป้ง โดยแปรปริมาณเลซิติน 1 % และเพกโต-3® 0.1%โดยน้ำหนักแป้งโดยใช้ผู้ทดสอบชนิดผู้บริโภคทั่วไป..... 87

4.38 ค่า Grad-Ft 1:2 (n/s) ความรู้สึกแรกที่กัดผิวสัมผัสของคุกกี้ที่มีการเติมเส้นใยอาหารที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh ปริมาณ 5%โดยน้ำหนักแป้ง ปริมาณเลซิติน 1 % และเพกโต-3® 0.1 %โดยน้ำหนักแป้ง..... 88

4.39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า Grad-Ft 1:2 (n/s) ความรู้สึกแรกที่กัดผิวสัมผัสของคุกกี้ที่มีการเติมเส้นใยอาหารที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh ปริมาณ 5 % โดยน้ำหนักแป้ง ปริมาณเลซิติน 1 % และเพกโต-3® 0.1 %โดยน้ำหนักแป้ง..... 89

4.40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นเฉลี่ย (ร้อยละ) ของคุกกี้ที่เวลาต่างๆ เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะบรรจุต่างชนิดกัน..... 95

4.41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเปอร์ออกไซด์เฉลี่ยของคุกกี้ที่เวลาต่างๆ เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะบรรจุต่างชนิดกัน..... 97

4.42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่น (5คะแนน) ของคุกกี้ที่เวลาต่างๆ เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะบรรจุต่างชนิดกัน..... 99

4.43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านเนื้อสัมผัส (5คะแนน) ของคุกกี้ที่เวลาต่างๆ เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะบรรจุต่างชนิดกัน..... 101

4.44 จำนวนผู้ทดสอบที่ยอมรับผลิตภัณฑ์คุกกี้ (จากผู้ทดสอบที่เป็นผู้บริโภคทั่วไป 15 คน) ที่เวลาต่างๆ กันเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะบรรจุต่างชนิดกัน..... 101

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ข้าวบาร์เลย์พันธุ์หกแถว (A) และพันธุ์สองแถว (B) 4

2.2 ภาพตัดขวางเมล็ดข้าวบาร์เลย์แสดงตำแหน่งของส่วนประกอบต่างๆ 4

2.3 กรรมวิธีการผลิตเบียร์ 8

2.4 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์กากมอลท์ที่อุดมไปด้วยโปรตีน 12

2.5 โมเลกุลของเอนไซม์โบรมิเลน 17

2.6 ขั้นตอนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากมอลท์ 20

2.7 การเกิดกลิ่นรสจากโปรตีน 22

2.8 แผนภาพส่วนประกอบของกลิ่นรส (flavour) ที่แสดงความสัมพันธ์ของกลิ่น (smell) รสชาติ (taste) และ consistency 23

3.1 การเตรียมวัตถุดิบ 43

3.2 ขั้นตอนการไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ 46

4.1 ลักษณะปรากฏของกากมอลท์สด 52

4.2 ลักษณะปรากฏของกากมอลท์ส่วนโปรตีนที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ 58

4.3 ปริมาณ amino nitrogen (g/l) ของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากมอลท์ที่ผ่านการย่อยสลายที่ pH 7 อุณหภูมิ 50, 55 และ 60 ^{o}C ด้วยเอนไซม์โบรมิเลน ปริมาณ 0.1 0.5 และ 1.0 %โดยน้ำหนักแห้งของกากมอลท์เป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง 60

4.4 ปริมาณ amino nitrogen (g/l) ของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากมอลท์ที่ผ่านการย่อยสลายที่ pH 7 อุณหภูมิ 50, 55 และ 60 ^{o}C ด้วยเอนไซม์ปาเปน ปริมาณ 0.1 0.5 และ 1.0 %โดยน้ำหนักแห้งของกากมอลท์เป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง 61

4.5 ลักษณะปรากฏของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากโปรตีนจากกากมอลท์ 65

4.6 ลักษณะปรากฏของเครื่องดื่มเกลือแร่ 68

4.7 ลักษณะปรากฏของส่วนเส้นใยอาหารสดที่แยกโปรตีนออกไปของกากมอลท์ 75

รูปที่ หน้า

4.8 ปริมาณความชื้นของคุกกี้ เมื่อเติมเส้นใยอาหารที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 25, 35 และ 50 mesh ในปริมาณ 5, 10 และ 15 %โดยน้ำหนักแป้ง 79
4.9 ลักษณะปรากฏของเส้นใยอาหารที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh 82
4.10 ลักษณะปรากฏของคุกกี้เติมเส้นใยอาหารที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh ในปริมาณ 5 %ของน้ำหนักแป้ง 82
4.11 กราฟแรงและเวลาในการวัดความแข็ง (hardness) ของคุกกี้ที่ไม่เติมอิมัลซิฟายเออร์ 90
4.12 กราฟแรงและเวลาในการวัดความแข็ง (hardness) ของคุกกี้ที่เติมอิมัลซิฟายเออร์ เพกโต-3® ที่ระดับ 0.1 ของน้ำหนักแป้ง 91
4.13 กราฟแรงและเวลาในการวัดความแข็ง (hardness) ของคุกกี้ที่เติมอิมัลซิฟายเออร์เลซิติน ที่ระดับ 1 %ของน้ำหนักแป้ง 92
4.14 ปริมาณความชื้นเฉลี่ย (ร้อยละ) ของคุกกี้ที่เวลาต่างๆ เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง ในภาชนะบรรจะต่างชนิดกัน 94
4.15 ค่าเปอร์ออกไซด์เฉลี่ย ของคุกกี้ที่เวลาต่างๆ เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง ในภาชนะบรรจะต่างชนิดกัน 96
4.16 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่น (5คะแนน)ของคุกกี้ที่เวลาต่างๆ เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะบรรจะต่างชนิดกัน 98
4.17 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านเนื้อสัมผัส (5คะแนน) ของคุกกี้ที่เวลาต่างๆ เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะบรรจะต่างชนิดกัน 100