การตรวจสอบการปะปนของผลิตภัณฑ์อาหารดัดแปรพันธุกรรมในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบ : ภาวะของกระบวนการแปรรูปต่อความสามารถในการตรวจสอบ

นางสาวสุนีย์ ลิ้มศรีวาณิชยกร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545
ISBN 974-17-3163-9
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DETECTION OF THE MINGLING OF THE GENETICALLY MODIFIED FOOD AND THEIR PRODUCTS IN FOOD DERIVED FROM SOY BEAN: THE PROCESSING CONDITIONS ON DETECTION ABILITIES

MISS SUNEE LIMSRIVANICHAKORN

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Biotechnology
Program of Biotechnology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2002

ISBN 974-17-3163-9

สุนีย์ ลิ้มศรีวาณิชยกร : การตรวจสอบการปะปนของผลิตภัณฑ์อาหารดัดแปรพันธุกรรมในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบ: ภาวะของกระบวนการแปรรูปต่อความสามารถในการตรวจสอบ. (DETECTION OF THE MINGLING OF THE GENETICALLY MODIFIED FOOD AND THEIR PRODUCTS IN FOOD DERIVED FROM SOY BEAN: THE PROCESSING CONDITIONS ON DETECTION ABILITIES) อ. ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.ปิยะศักดิ์ ชอุ่มพฤกษ์. 96 หน้า. ISBN 974-17-3163-9.

ในขั้นตอนการผลิต กระบวนการแปรรูปนอกจากเป็นขั้นตอนที่มีผลต่อเนื้ออาหาร รสชาติ กลิ่น และคุณค่าทางอาหารแล้ว ภาวะต่างๆ ในกระบวนการแปรรูปยังมีผลต่อโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบในอาหารโดยเฉพาะดีเอ็นเอ ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้เป็นโมเลกุลอ้างอิงในการทดสอบอาหารในหลายกรณีรวมถึงการตรวจสอบ GMOs ดังนั้นเพื่อการศึกษาอิทธิพลของภาวะในการผลิตต่อโมเลกุลและประสิทธิภาพการทดสอบอาหารบนพื้นฐานของเทคนิค PCR จึงพัฒนาระบบทดสอบที่สามารถตรวจความแตกต่างของขนาดดีเอ็นเอแม่แบบ 119, 327 และ 826 นิวคลีโอไทด์ เพื่อตรวจภาวะการสลายตัวของดีเอ็นเอในเนื้ออาหาร และเมื่อนำระบบไปทดสอบที่ภาวะต่างๆ ในขณะแปรรูปอาหารที่มีถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบ เน้นภาวะความร้อน ความดัน และการหมักต่อความสามารถในการตรวจสอบดีเอ็นเอจากตัวอย่างอาหาร พบว่าการให้ความร้อนทั้งในรูปการอบแห้ง การนึ่งความดัน และการต้มน้ำนมถั่วเหลืองเป็นระยะเวลานาน ทำให้ดีเอ็นเอในเนื้ออาหารมีขนาดที่ลดลงจนไม่สามารถตรวจสอบได้โดยเทคนิค PCR โดยอุณหภูมิและเวลาวิกฤตที่ทำให้ดีเอ็นเอมีขนาดลดลงต่ำกว่า 119, 327 และ 826 นิวคลีโอไทด์ ในกรณีของการอบแห้งอยู่ที่สูงกว่า 220, 210 และ 200 องศาเซลเซียสตามลำดับแม้จะอบเพียง 5 นาที การนึ่งความดันเวลาวิกฤตอยู่ที่สูงกว่า 60, 15 และ 10 นาทีตามลำดับ และการต้มน้ำนมถั่วเหลืองเป็นระยะเวลานานเวลาวิกฤตอยู่ที่สูงกว่า 15, 5 และ 2 ชั่วโมงตามลำดับ ขณะที่กระบวนการหมักพบว่ามีผลต่อดีเอ็นเอที่สกัดได้เช่นเดียวกันโดยทำให้ดีเอ็นเอมีขนาดลดลง แม้ภายใน 7 วันสามารถทำให้ดีเอ็นเอมีขนาดต่ำกว่า 327 นิวคลีโอไทด์ ผลที่ได้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาวิธีการตรวจสอบและวิธีการแปรรูปอาหารต่อไป

หลักสูตร เทคโนโลยีชีวภาพ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2545 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตรวจสอบการปะปนของผลิตภัณฑ์อาหารดัดแปรพันธุกรรมในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบ: ภาวะของกระบวนการแปรรูปต่อความสามารถในการตรวจสอบ
โดย	นางสาวสุนีย์ ลิ้มศรีวาณิชยกร
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.ปิยะศักดิ์ ชอุ่มพฤกษ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ นันทนา อังกินันทน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.ปิยะศักดิ์ ชอุ่มพฤกษ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เตือนใจ โก้สกุล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุพัฒน์ เจริญพรวัฒนา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4372456823 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORD: PCR / SOY BEAN / PROCESSING CONDITIONS / NUCLEOTIDES / GMOs

SUNEE LIMSRIVANICHAKORN : DETECTION OF THE MINGLING OF THE GENETICALLY MODIFIED FOOD AND THEIR PRODUCTS IN FOOD DERIVED FROM SOY BEAN: THE PROCESSING CONDITIONS ON DETECTION ABILITIES. THESIS ADVISOR : PIYASAK CHAUMPLUK, Ph.D., 96 pp. ISBN 974-17-3163-9.

The processing conditions during food production not only affect texture, smell and taste, and nutritional values but also damage the macromolecules especially DNA found in most food ingredients. DNA molecule has been recently used as a reference molecule for food testing in several testing categories including the determination of GMOs in foods. Thus, to address the influence of processing conditions on DNA testing quality, the system for DNA detection that specific binding and checking DNA template at fixed size from 119 to 327 to 826 nucleotides, respectively, was developed and used to test on various soybean food processing conditions. It was found that heat treatments of both dry heat or heat under sterilization or a long period of simmering damaged DNA molecule by decreasing its length down to level undetectable by PCR technique. The critical temperature which damaged DNA to the size below 119, 327 and 826 nucleotides for dry heat at 5 minutes was found at above 220, 210 and 200°C, respectively. For standard heat sterilization, critical time was found at time longer than 60, 15 and 10 minutes respectively, and for long time simmering, critical time was found at time longer than 15, 5 and 2 hours, respectively. Fermentation effect was also in consistence with heat effect and sterilization treatment in that critical time for DNA degradation to below 327 nucleotide was within 7 days. Results constitute a basis for PCR detection of foods containing GMOs materials as well as a basis for processing food.

Program: Biotechnology Student's signature สุนีย์ ลิ้มศรีวานิชยกร

Field of study: Biotechnology Advisor's signature

Academic year 2002 Co-advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ด้วยความกรุณาช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจากอาจารย์ ดร.ปิยะศักดิ์ ชอุ่มพฤกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ นันทนา อังกินันทน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เตือนใจ โก้สกุล อาจารย์ ดร.สุพัฒน์ เจริญพรวัฒนา คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ และตรวจแก้ไขในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนการศึกษาและทุนสนับสนุนการวิจัย

ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาพฤกษศาสตร์ ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ทางด้านเครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดระยะเวลาของการวิจัย และภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อเชื้อ *Aspergillus oryzae* ในการทำการทดลองซีอิ้วและเต้าเจี้ยว

ขอขอบคุณผู้ประกอบการและผู้เกี่ยวข้องในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำนมถั่วเหลือง (ไม่ประสงค์ออกนาม) ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างน้ำนมถั่วเหลืองในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคนที่ได้ช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอดระยะเวลาที่ศึกษาเล่าเรียน ทำวิทยานิพนธ์ และที่สำคัญผู้เขียนขออุทิศความดีของวิทยานิพนธ์เล่มนี้แด่ คุณพ่อเกียรติชัย ลิ้มศรีวาณิชยกร ที่ได้ล่วงลับไปแล้ว และขอกราบขอบพระคุณคุณแม่ พี่สาวและน้องสาว ทุกคนในครอบครัว ที่ให้ชีวิตและให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในด้านการเงินทุนและให้กำลังใจในการศึกษาเล่าเรียนเป็นอย่างดียิ่งตลอดจนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเสมอมา

คุณความดีและประโยชน์อันพึงจะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ซ
สารบัญรูป..... ฌ

บทที่

1. บทนำ..... 1
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 6
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....25
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....34
5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....70

รายการอ้างอิง.....78
ภาคผนวก.....84
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....96

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1 บัญชีสมดุลถั่วเหลืองของประเทศไทย....13

2 มาตรการและการแสดงฉลาก GMOs ของประเทศต่างๆ 15

3 ไพรเมอร์คัดเลือกที่จำเพาะต่อดีเอ็นเอแม่แบบขนาด 119 นิวคลีโอไทด์....34

4 ไพรเมอร์คัดเลือกที่จำเพาะต่อดีเอ็นเอแม่แบบขนาด 327 นิวคลีโอไทด์....35

5 ไพรเมอร์คัดเลือกที่จำเพาะต่อดีเอ็นเอแม่แบบขนาด 826 นิวคลีโอไทด์....35

6 การตรวจสอบขนาดของยีน *lectin* 119, 327 และ 826 นิวคลีโอไทด์จากเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิระหว่าง 80 ถึง 160°ซ ที่เวลาต่างกันทุก 10 นาทีจาก 10 ถึง 60 นาที โดยวิธี PCR....48

7 การตรวจสอบขนาดของยีน *lectin* 119, 327 และ 826 นิวคลีโอไทด์จากเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิระหว่าง 170 ถึง 220°ซ ที่เวลาต่างกันทุก 5 นาที จาก 5 ถึง 30 นาที โดยวิธี PCR....49

8 การตรวจสอบขนาดของยีน *lectin* 119, 327 และ 823 นิวคลีโอไทด์ ของดีเอ็นเอบริสุทธิ์ที่สกัดได้จากถั่วเหลือง (A) และเมล็ดถั่วเหลืองบด (B) ที่ผ่านการนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121°ซ ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในที่เวลา 0, 5, 10, 15, 30, 60 และ 120 นาทีตามลำดับโดยวิธี PCR....57

9 การตรวจสอบขนาดของยีน *lectin* 119, 327 และ 826 นิวคลีโอไทด์จากเมล็ดถั่วเหลืองที่นำมาแปรรูปเป็นน้ำนมถั่วเหลืองในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตโดยวิธี PCR....61

10 การตรวจสอบขนาดของยีน *lectin* 119, 327 และ 826 นิวคลีโอไทด์จากเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการแปรรูปเป็นน้ำนมถั่วเหลืองในอุตสาหกรรมในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตโดยวิธี PCR....65

11 ผลการตรวจสอบขนาดของยีน *lectin* 119, 327 และ 826 นิวคลีโอไทด์จากถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ซีอิ้วในแต่ละขั้นตอนโดยวิธี PCR....67

12 ผลการตรวจสอบขนาดของยีน *lectin* 119, 327 และ 826 นิวคลีโอไทด์จากถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวในแต่ละขั้นตอนโดยวิธี PCR....69

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1 ชุดของยีน (gene cassette) ซึ่งประกอบด้วยโปรโมเตอร์, ยีน (coding region) และเทอร์มิเนเตอร์ (A) โดยปกติการถ่ายทอดยีนเข้าสู่พืชจะมีชุดของยีน 2 ชุดขึ้นไป ซึ่งได้แก่ยีนเป้าหมาย (cassette1) และ ยีนที่ใช้ในการคัดเลือกเซลล์ (cassette 2) (B).....9

2 ผลผลิตถั่วเหลืองของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญในปี 2545/46.....12

3 ลักษณะการใช้ประโยชน์จากเมล็ดถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์.....14

4 การแตกหักของพันธะไฮโดรเจนของดีเอ็นเอสายคู่เป็นดีเอ็นเอสายเดี่ยวเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงและอยู่ในภาวะที่เป็นด่าง.....23

5 กลไกการเกิด depurination hydrolysis และการแตกหักที่บริเวณพันธะ phosphodiester.....24

6 ขั้นตอนการสุ่มเก็บตัวอย่างในกระบวนการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองผู้ประกอบการอุตสาหกรรมน้ำนมถั่วเหลือง.....31

7 การตรวจสอบประสิทธิภาพของวิธีที่พัฒนาขึ้นจากการเพิ่มปริมาณของจีโนมิกดีเอ็นเอที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองที่ยังไม่ผ่านกระบวนการโดยการตรวจที่ยีน *lectin* ในขนาดต่างกัน.....36

8 การตรวจสอบประสิทธิภาพของวิธีที่พัฒนาขึ้นจากการเพิ่มปริมาณของจีโนมิกดีเอ็นเอถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนเป็นเวลา 5 นาที โดยการตรวจที่ยีน *lectin* ด้วยความจำเพาะของไพรเมอร์ที่ให้ขนาด 119, 327 และ 826 นิวคลีโอไทด์ตามลำดับ.....37

9 การตรวจสอบโคลนของพลาสมิดดีเอ็นเอที่ได้รับชิ้นส่วนของยีน 35S promoter และยีน *lectin* จากโคโลนีที่มีความสามารถในการต้านทานยาปฏิชีวนะกานามัยซิน 15 โคโลนี.....39

10 โครงสร้างของพลาสมิดรีคอมบิแนนท์ ชื่อ p35SLectin800.....40

11 ปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดได้ (ไมโครกรัมต่อกรัมถั่วเหลือง) จากเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ กันตั้งแต่ 80-220°ซ เป็นระยะเวลา 5 นาที.....42

12 ปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดได้(ไมโครกรัมต่อกรัมถั่วเหลือง) จากเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการนึ่งความดันที่เวลาต่างกัน (0-120 นาที).....42

13 ปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดได้ (ไมโครกรัมต่อกรัมถั่วเหลือง) จากถั่วเหลืองที่ผ่านการจำลองต้มน้ำนมถั่วเหลืองในแต่ละขั้นตอน.....43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

14 ปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดได้ (ไมโครกรัมต่อกรัมถั่วเหลือง) จากตัวอย่างถั่วเหลือง ที่ผ่านการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองของอุตสาหกรรมในแต่ละขั้นตอน.....44

15 ปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดได้ (ไมโครกรัมต่อกรัมถั่วเหลือง) จากถั่วเหลืองและน้ำซีอิ้ว ที่ผ่านกระบวนการหมักในแต่ละขั้นตอน.....46

16 ปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดได้ (ไมโครกรัมต่อกรัมถั่วเหลือง) จากถั่วเหลืองที่ผ่าน กระบวนการหมักเป็นเต้าเจี้ยวในแต่ละขั้นตอน.....47

17 ผลการตรวจขนาดของยีน *lectin* 826 นิวคลีโอไทด์จากถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวน การอบแห้งที่อุณหภูมิ 140, 150 และ 160°ซ ด้วยหลักการ PCR โดยเทคนิค เจลอิเล็กโทรฟอเรซิสบนอะกาโรสเจล 1%ใน 1xTAE buffer.....51

18 ผลการตรวจขนาดของยีน *lectin* 826 นิวคลีโอไทด์จากถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวน การอบแห้งที่อุณหภูมิ 170, 180, 190 และ 200°ซ ด้วยหลักการ PCR โดย เทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอเรซิสบนอะกาโรสเจล 1%ใน 1xTAE buffer.....52

19 ผลการตรวจขนาดของยีน *lectin* 327 นิวคลีโอไทด์จากถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวน การอบแห้งที่อุณหภูมิ 150, 160, 170 และ 180°ซ ด้วยหลักการ PCR โดย เทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอเรซิสบนอะกาโรสเจล 1%ใน 1xTAE buffer.....53

20 ผลการตรวจขนาดของยีน *lectin* 327 นิวคลีโอไทด์จากถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวน การอบแห้งที่อุณหภูมิ 190, 200, 210 และ 220°ซ ด้วยหลักการ PCR โดย เทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอเรซิสบนอะกาโรสเจล 1%ใน 1xTAE buffer.....54

21 ผลการตรวจขนาดของยีน *lectin* 119 นิวคลีโอไทด์จากถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวน การอบแห้งที่อุณหภูมิ 160, 170 และ 180°ซ ด้วยหลักการ PCR โดยเทคนิค เจลอิเล็กโทรฟอเรซิสบนอะกาโรสเจล 1.5%ใน 1xTAE buffer.....55

22 ผลการตรวจขนาดของยีน *lectin* 119 นิวคลีโอไทด์จากถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวน การอบแห้งที่อุณหภูมิ 190, 200, 210 และ 220°ซ ด้วยหลักการ PCR โดยเทคนิค เจลอิเล็กโทรฟอเรซิสบนอะกาโรสเจล 1.5%ใน 1xTAE buffer.....56

23 ผลการตรวจขนาดของยีน *lectin* 826 นิวคลีโอไทด์จากถั่วเหลืองในส่วนของ ดีเอ็นเอบริสุทธิ์ที่สกัดได้จากถั่วเหลือง (A) และเมล็ดถั่วเหลืองบด (B) ที่ผ่าน กระบวนการนึ่งความดันด้วยหลักการ PCR โดยเทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอเรซิส บนอะกาโรสเจล 1% ใน 1xTAE buffer.....58

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

24 ผลการตรวจขนาดของยีน *lectin* 327 นิวคลีโอไทด์จากถั่วเหลืองในส่วนของดีเอ็นเอบริสุทธิ์ที่สกัดได้จากถั่วเหลือง (A) และเมล็ดถั่วเหลืองบด (B) ที่ผ่านกระบวนการนึ่งความดัน ด้วยหลักการ PCR โดยเทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอเรซิสบนอะกาโรสเจล 1%ใน 1xTAE buffer.....59

25 ผลการตรวจขนาดของยีน *lectin* 119 นิวคลีโอไทด์จากถั่วเหลืองในส่วนของดีเอ็นเอบริสุทธิ์ที่สกัดได้จากถั่วเหลือง (A) และเมล็ดถั่วเหลืองบด (B) ที่ผ่านกระบวนการนึ่งความดัน ด้วยหลักการ PCR โดยเทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอเรซิสบนอะกาโรสเจล 1.5%ใน 1xTAE buffer.....60

26 ผลการตรวจขนาดของยีน *lectin* 826 นิวคลีโอไทด์จากถั่วเหลืองที่ผ่านการจำลองแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองในแต่ละขั้นตอนด้วยหลักการ PCR โดยเทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอเรซิสบนอะกาโรสเจล 1% ใน 1xTAE buffer.....62

27 ผลการตรวจขนาดของยีน *lectin* 327 นิวคลีโอไทด์จากถั่วเหลืองที่ผ่านการจำลองแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองในแต่ละขั้นตอนด้วยหลักการ PCR โดยเทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอเรซิสบนอะกาโรสเจล 1% ใน 1xTAE buffer.....63

28 ผลการตรวจขนาดของยีน *lectin* 119 นิวคลีโอไทด์จากถั่วเหลืองที่ผ่านการจำลองแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองในแต่ละขั้นตอนด้วยหลักการ PCR โดยเทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอเรซิสบนอะกาโรสเจล 1.5% ใน 1xTAE buffer.....64

29 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *lectin* ของถั่วเหลือง สำหรับออกแบบไพรเมอร์ในการตรวจสอบคุณภาพดีเอ็นเอของเมล็ดถั่วเหลืองและอาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูปที่สกัดได้.....94

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย