

การตั้งตำรับเจลว่านหางจระเข้ในรูปผงแห้งโดยวิธีไลโอไฟไลเซชัน

นางสาว นงลักษณ์ ประยูรรักษา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเภสัชกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-556-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

118710487

**FORMULATION OF LYOPHILIZED ALOE VERA GEL**

**Miss Nonglak Prayoonrak**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Pharmacy**

**Department of Pharmacy**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**


**1995**

**ISBN 974-632-556-6**

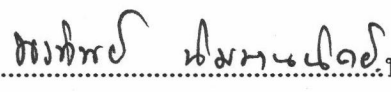
หัวข้อวิทยานิพนธ์      การตั้งตำรับเจลว่านหางจระเข้ในรูปผงแห้งโดยวิธีไลโอไฟไลเซชัน  
โดย                              นางสาว นงลักษณ์ ประยูรรัช  
ภาควิชา                              เกษศาสตร์  
อาจารย์ที่ปรึกษา              รองศาสตราจารย์ ประนอม โพธิยานนท์  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม        รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ดีเอกนามกุล

---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

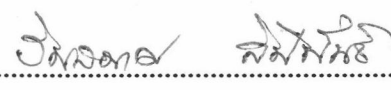
  
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ อุสุวรรณ)

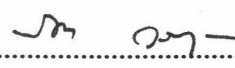
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ พรทิพย์ นิมมานิตย์)

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ประนอม โพธิยานนท์)

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ดีเอกนามกุล)

  
.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิมลมาศ ลิปิพันธ์)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์ ดร. พนิดา วัยมสุวรรณ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

นางลักษณ์ ประยูรรักษา : การตั้งตำรับเจลว่านหางจระเข้ในรูปผงแห้งโดยวิธีไลโอไฟล์เซชัน (FORMULATION OF LYOPHILIZED ALOE VERA GEL) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ประนอม โพธิยานนท์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.วันชัย ดีเอกนามกุล, 375 หน้า. ISBN 974-632-556-6

ไลโอไฟล์เซชันเป็นกระบวนการหนึ่งซึ่งใช้ในการเตรียมเจลว่านหางจระเข้ให้อยู่ในรูปผงแห้ง กระบวนการนี้มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความหนืด และปริมาณกลูโคส-แมนโนสในโพลีแซคคาไรด์ ของเจลว่านหางจระเข้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณกรดอะมิโน carrier ซึ่งช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของผงเจลว่านหางจระเข้ได้แก่ acacia 1.0% w/v, methylcellulose (15cps) 0.6% w/v และ polyvinylpyrrolidone (K30) 2.0% w/v ผลการทดสอบความคงสภาพทางกายภาพของตำรับเหล่านี้และตำรับซึ่งผสม Bronidox-L<sup>®</sup> 0.2% v/v, sodium metabisulfite 0.1% w/v และ EDTA 0.05% w/v พบว่าทุกตำรับมีความคงสภาพทางกายภาพดีเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน รวมทั้งผ่านมาตรฐานการทดสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง จากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของกลูโคส-แมนโนสในโพลีแซคคาไรด์และกรดอะมิโนเมื่อเตรียมเสร็จใหม่ ๆ ของทุกตำรับเท่ากันยกเว้นตำรับซึ่งผสม Bronidox-L<sup>®</sup>, sodium metabisulfite และ EDTA จะมีความเข้มข้นของกรดอะมิโนต่ำกว่าตำรับอื่น ( $p < 0.05$ ) ผลการเก็บผงเจลว่านหางจระเข้ทุกตำรับที่อุณหภูมิ 45<sup>o</sup>ซ, ความชื้นสัมพัทธ์ 75% เป็นเวลา 4 เดือนเพื่อศึกษาความคงสภาพทางเคมีในสภาพเร่งพบว่าตำรับซึ่งผสม Bronidox-L<sup>®</sup>, sodium metabisulfite และ EDTA มีความคงสภาพทางเคมีต่ำที่สุด ส่วนตำรับซึ่งผสม methylcellulose มีความคงสภาพทางเคมีใกล้เคียงกับผงเจลว่านหางจระเข้บริสุทธิ์ ในขณะที่ตำรับซึ่งผสม acacia และ polyvinylpyrrolidone มีความคงสภาพทางเคมีมากกว่าผงเจลว่านหางจระเข้บริสุทธิ์ อย่างไรก็ตามทุกตำรับมีความคงสภาพทางเคมีดีเมื่อเก็บในตู้เย็นและอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 เดือน

ภาควิชา ..... เภสัชกรรม  
สาขาวิชา ..... เภสัชกรรม  
ปีการศึกษา ..... 2538

ลายมือชื่อนิติ ..... น.ส. นฤพร  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... อ.ประนอม โพธิยานนท์  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... อ.วันชัย ดีเอกนามกุล

##C675112 : MAJOR PHARMACY

KEY WORD: FORMULATION/ LYOPHILIZATION/ POWDERED ALOE VERA GEL

NONGLAK PRAYOONRAK : FORMULATION OF LYOPHILIZED ALOE VERA GEL.

THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. PRANOM PHOTIYANONT, THESIS CO-ADVISOR : ASSO. PROF. WANCHAI DE-EKNAMKUL, Ph.D., 375 pp. ISBN 974-631-556-6

Lyophilization was used as a process for preparation of dried Aloe vera gel. The lyophilization process significantly decreased ( $p < 0.05$ ) the pH, viscosity and polysaccharide glucose and mannose content of Aloe vera gel but had no effect on the content of amino acids. The carriers found to improve the physical properties of the lyophilized Aloe vera gel were 1.0% w/v acacia, 0.6% w/v methylcellulose (15 cps), and 2.0% w/v polyvinylpyrrolidone (K30). Those formulations and the one containing 0.2% v/v Bronidox-L<sup>®</sup>, 0.1% w/v sodium metabisulfite and 0.05% w/v EDTA showed good physical stabilities at ambient temperature for six months. They also passed various microbiological tests based on Thai Industrial Standard for Cosmetics. The initial concentrations of glucose and mannose in polysaccharide and amino acids of all preparations were comparable except the one containing Bronidox-L<sup>®</sup>, sodium metabisulfite and EDTA which had lower content of amino acids than the others ( $p < 0.05$ ). All preparations were also kept at 45°C and 75% relative humidity for four months to study accelerated chemical stability tests. The preparation containing Bronidox-L<sup>®</sup>, sodium metabisulfite and EDTA had the lowest chemical stability. The chemical stability of the preparation containing methylcellulose was similar to that of the pure lyophilized Aloe vera gel. On the other hand, the preparations containing acacia and polyvinylpyrrolidone were more chemically stable than the pure lyophilized Aloe vera gel. However, all preparations were chemically stable ( $p > 0.05$ ) at both the refrigerated and ambient temperatures for four months.

ภาควิชา.....เภสัชกรรม

สาขาวิชา.....เภสัชกรรม

ปีการศึกษา.....2538

ลายมือชื่อนิสิต..... นงลักษณ์ ประยูรวงศ์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... รศ. ชม โสภณพงศ์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... อ. รศ. ชม โสภณพงศ์

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ไม่อาจจะสำเร็จลุล่วงไปได้ ถ้าปราศจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากรองศาสตราจารย์ ประนอม โปธิยานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย คีเอนนามกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ขอกราบขอบพระคุณที่ได้กรุณาให้กำลังใจ ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้ความรู้และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัยตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย คีเอนนามกุล (อีกครั้ง) ที่ให้ความอนุเคราะห์ Carbohydrate column และเครื่อง HPLC ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดี

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ พรทิพย์ นิมมานนิตย์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. วิมลมาศ ลิปิพันธ์ หัวหน้าภาควิชาจุลชีววิทยา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาเกี่ยวกับการทดสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. พนิดา วัยมหสุพรรณ ภาควิชาเภสัชกรรม ที่กรุณาให้คำแนะนำในเรื่อง Stability test และอื่น ๆ ทั้งเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์เสมอมา

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ยุพา อ่อนท้วม จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลการวิจัยทางสถิติ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. สุวรรณมา หวังวีรวงศ์ ภาควิชาเภสัชเคมี ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาเภสัชกรรม ภาควิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาเภสัชพฤกษศาสตร์, หน่วยวิจัยและพัฒนาสมุนไพรและเครื่องเทศ, ภาควิชาอาหารเคมี, ภาควิชาเภสัชอุตสาหกรรม, ศูนย์เครื่องมือกลาง คณะเภสัชศาสตร์, ศูนย์บริการเทคโนโลยีสารสนเทศ และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

ขอบคุณกำลังใจ จากนิสิตปริญญาโทภาควิชาเภสัชกรรมทุกท่าน

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้อง และคุณนิพนธ์ ที่คอยดูแลและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยอย่างใกล้ชิดมาตลอด จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จผลลงด้วยดี

## สารบัญ

|   | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย .....                       | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....                    | จ    |
| กิตติกรรมประกาศ .....                       | ฉ    |
| สารบัญ .....                                | ช    |
| สารบัญตาราง .....                           | ฅ    |
| สารบัญภาพ .....                             | ด    |
| คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ .....            | บ    |
| <b>บทที่</b>                                |      |
| 1. บทนำ .....                               | 1    |
| 2. การปฏิสัมพันธ์วรรณกรรม .....             | 5    |
| 3. การทดลอง .....                           | 32   |
| 4. ผลการทดลอง และการอภิปรายผลการทดลอง ..... | 46   |
| 5. สรุปผลการทดลอง .....                     | 145  |
| รายการอ้างอิง .....                         | 147  |
| ภาคผนวก .....                               | 153  |
| ประวัติผู้เขียน .....                       | 375  |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่ |   | หน้า |
|----------|---|------|
| 1        | รายละเอียดการใช้สารสร้างอนุพันธุ์ชนิดต่างๆสำหรับการสร้างอนุพันธุ์ก่อนการแยกในคอลัมน์โครมาโตกราฟี.....   | 30   |
| 2        | Retention time ของอนุพันธุ์กรดอะมิโนแต่ละชนิดในสารละลายมาตรฐาน.....   | 52   |
| 3        | การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพระหว่างเจลวุ้นหางจระเข้สดกับสารละลายของเจลวุ้นหางจระเข้ที่เตรียมจากผงแห้ง.....                                   | 56   |
| 4        | การเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลในโพลีแซคคาไรด์ระหว่างเจลวุ้นหางจระเข้สดกับสารละลายของเจลวุ้นหางจระเข้ที่เตรียมจากผงแห้ง.....                       | 57   |
| 5        | การเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนระหว่างเจลวุ้นหางจระเข้สดกับสารละลายของเจลวุ้นหางจระเข้ในรูปผงแห้ง.....  | 58   |
| 6        | การเปรียบเทียบผลของกระบวนการไลโอไฟไลซ์ต่อความหนืด ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกลูโคส แมนโนส และกรดอะมิโน โดยใช้ paired t-test (two-tailed)..... | 59   |
| 7        | ค่าความหนืด และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเจลวุ้นหางจระเข้จากใบต่างๆ กัน.....   | 60   |
| 8        | ลักษณะภายนอกของผงเจลวุ้นหางจระเข้ตำรับต่าง ๆ.....   | 63   |
| 9        | ความสามารถในการละลายน้ำของผงเจลวุ้นหางจระเข้ตำรับต่าง ๆ .....   | 64   |
| 10       | ค่าความหนืด และค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายเจลวุ้นหางจระเข้ตำรับต่าง ๆ .....  | 65   |
| 11       | ความเสถียรของผงเจลวุ้นหางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 6 เดือน.....                               | 69   |
| 12       | ความขาวของผงเจลวุ้นหางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 6 เดือน.....                                  | 70   |



สารบัญตาราง(ต่อ)

| ตารางที่ |  | หน้า |
|----------|--|------|
| 13       | ปริมาณน้ำในตำรับที่เพิ่มขึ้นของผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 6 เดือน.....  | 71   |
| 14       | ความสามารถในการละลายน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปของผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 6 เดือน.....   | 73   |
| 15       | ความเป็นกรด-ด่างที่เปลี่ยนแปลงไปของผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 6 เดือน.....  | 74   |
| 16       | ความหนืดที่เปลี่ยนแปลงไปของผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 6 เดือน.....  | 75   |
| 17       | ความเข้มข้นเริ่มต้นของกรดอะมิโนในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ โดยใช้เจลวุ้นทางจระเข้ชุดเดียวกัน.....  | 77   |
| 18       | ความเข้มข้นเริ่มต้นของกรดอะมิโนในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ โดยใช้เจลวุ้นทางจระเข้ชุดเดียวกัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 2 เดือน.....  | 78   |
| 19       | ความเข้มข้นของกลูโคสและแมนโนสในโพลีแซคคาไรด์ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ โดยใช้เจลวุ้นทางจระเข้ชุดเดียวกัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 2 เดือน.....   | 79   |
| 20       | ผลการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นของกรดอะมิโนแต่ละชนิดในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ โดยใช้เจลวุ้นทางจระเข้ชุดเดียวกัน ที่เวลา 2 เดือน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test..... | 84   |
| 21       | ค่าคงที่ของอัตราการสลายตัวของกรดอะมิโนในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน.....   | 113  |

## สารบัญตาราง(ต่อ)

| ตารางที่ |  | หน้า |
|----------|--|------|
| 22       | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคงที่อัตราการสลายตัวของกรดอะมิโนในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....               | 114  |
| 23       | การทดสอบความแตกต่างของค่าคงที่ของอัตราการสลายตัวของกรดอะมิโนในผงเจลวุ้นทางจระเข้แต่ละตำรับ โดยวิธี Duncan's New Mutiple Range Test.....                            | 115  |
| 24       | การทดสอบความแตกต่างของค่าคงที่ ของอัตราการสลายตัวของกรดอะมิโนแต่ละชนิด โดยวิธี Duncan's New Mutiple Range Test.....  | 116  |
| 25       | ค่าคงที่ของอัตราการสลายตัวของน้ำตาลในโพลีแซคคาไรด์ ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน.....                        | 120  |
| 26       | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคงที่อัตราการสลายตัวของน้ำตาลในโพลีแซคคาไรด์ ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน..... | 120  |
| 27       | การทดสอบความแตกต่างของค่าคงที่ของอัตราการสลายตัวของน้ำตาลในโพลีแซคคาไรด์ในผงเจลวุ้นทางจระเข้แต่ละตำรับ โดยวิธี Duncan's New Mutiple Range Test.....                | 121  |
| 28       | ความเข้มข้นของ glutamic acid ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บในตู้เย็น และอุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 4 เดือน.....                        | 126  |
| 29       | ความเข้มข้นของ serine ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บในตู้เย็น และอุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 4 เดือน.....                               | 127  |
| 30       | ความเข้มข้นของ histidine ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บในตู้เย็น และอุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 4 เดือน                                 | 128  |

## สารบัญตาราง(ต่อ)

| ตารางที่ |  | หน้า |
|----------|--|------|
| 31       | ความเข้มข้นของ glycine ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะลำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บในตู้เย็น และอุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 4 เดือน.....       | 129  |
| 32       | ความเข้มข้นของ arginine ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะลำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บในตู้เย็น และอุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 4 เดือน.....      | 130  |
| 33       | ความเข้มข้นของ threonine ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะลำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บในตู้เย็น และอุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 4 เดือน          | 131  |
| 34       | ความเข้มข้นของ alanine ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะลำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บในตู้เย็น และอุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 4 เดือน.....       | 132  |
| 35       | ความเข้มข้นของ tyrosine ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะลำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บในตู้เย็น และอุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 4 เดือน.....      | 133  |
| 36       | ความเข้มข้นของ phenylalanine ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะลำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บในตู้เย็น และอุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 4 เดือน..... | 134  |
| 37       | ความเข้มข้นของ isoleucine ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะลำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บในตู้เย็น และอุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 4 เดือน         | 135  |
| 38       | ความเข้มข้นของ leucine ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะลำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บในตู้เย็น และอุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 4 เดือน.....       | 136  |
| 39       | ความเข้มข้นของกลูโคสในโพลีแซคคาไรด์ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะลำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (ambient temperature) และในตู้เย็น.....         | 137  |
| 40       | ความเข้มข้นของแมนโนสในโพลีแซคคาไรด์ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะลำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (ambient temperature) และในตู้เย็น.....         | 138  |

## สารบัญตาราง(ต่อ)

| ตารางที่ |  | หน้า |
|----------|--|------|
| 41       | การปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย, ยีสต์ และรา ในผงเจลวุ้นทางจระเข้<br>ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 6<br>เดือน.....  | 141  |
| 42       | การปนเปื้อนของเชื้อ <i>Presumptive coliform</i> และ <i>Faecil coli</i> ใน<br>ผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (ambient<br>temperature) เป็นเวลา 6 เดือน.....   | 142  |
| 43       | การปนเปื้อนของเชื้อ <i>S. aureus</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>Salmonella spp.</i> ,<br><i>Clostridium spp.</i> ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ<br>ห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 6 เดือน..... | 143  |
| 44       | ความต้องการน้ำต่ำสุด (Minimal water ability) ของเชื้อจุลินทรีย์ชนิด<br>ต่าง ๆ .....  | 144  |
| 45       | ความเข้มข้นของ glutamic acid ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อ<br>เก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ,75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....  | 219  |
| 46       | ความเข้มข้นของ serine ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่<br>อุณหภูมิ 45°ซ,75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....  | 220  |
| 47       | ความเข้มข้นของ histidine ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บ<br>ที่ อุณหภูมิ 45°ซ,75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....  | 221  |
| 48       | ความเข้มข้นของ glycine ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่<br>อุณหภูมิ 45°ซ,75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....   | 222  |
| 49       | ความเข้มข้นของ arginine ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่<br>อุณหภูมิ 45°ซ,75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....  | 223  |
| 50       | ความเข้มข้นของ threonine ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บ<br>ที่ อุณหภูมิ 45°ซ,75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....  | 224  |

สารบัญตาราง(ต่อ)

| ตารางที่ |   | หน้า |
|----------|---|------|
| 51       | ความเข้มข้นของ alanine ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ,75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....                   | 225  |
| 52       | ความเข้มข้นของ tyrosine ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ,75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....                  | 226  |
| 53       | ความเข้มข้นของ phenylalanine ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45°ซ,75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....              | 227  |
| 54       | ความเข้มข้นของ isoleucine ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ,75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....                | 228  |
| 55       | ความเข้มข้นของ leucine ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ,75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....                   | 229  |
| 56       | ความเข้มข้นของกลูโคส ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ,75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....                     | 230  |
| 57       | ความเข้มข้นของแมนโนสในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ,75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....                      | 231  |
| 58       | เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ glutamic acid ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ, 75%RH เป็นเวลา 4 เดือน..... | 232  |
| 59       | เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ serine ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ, 75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....        | 233  |
| 60       | เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ histidine ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ, 75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....     | 234  |
| 61       | เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ glycine ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ, 75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....       | 235  |
| 62       | เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ arginine ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ, 75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....      | 236  |

## สารบัญตาราง(ต่อ)

| ตารางที่ |  | หน้า |
|----------|--|------|
| 63       | เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ threonine ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะอาหาร<br>ต่าง ๆ เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ, 75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....     | 237  |
| 64       | เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ alanine ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะอาหาร<br>เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ, 75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....              | 238  |
| 65       | เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ tyrosine ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะอาหาร<br>ต่าง ๆ เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ, 75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....      | 239  |
| 66       | เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ phenylalanine ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะอาหาร<br>ต่าง ๆ เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ, 75%RH เป็นเวลา 4 เดือน..... | 240  |
| 67       | เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ isoleucine ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะอาหาร<br>ต่าง ๆ เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ, 75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....    | 241  |
| 68       | เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ leucine ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะอาหาร<br>เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ, 75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....              | 242  |
| 69       | เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของกลูโคส ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะอาหาร<br>เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ, 75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....                | 243  |
| 70       | เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของแมนโนส ในผงเจลวุ้นทางกระเพาะอาหาร<br>ต่าง ๆ เมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 45°ซ, 75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....         | 244  |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่ |  | หน้า |
|--------|--|------|
| 1      | ภาพตัดขวางใบवानหางจระเข้.....  | 6    |
| 2      | ภาพขยาย (x 50,000) เซลล์ที่เก็บมิวโคโพลิแซคคาไรด์.....   | 7    |
| 3      | ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และประสิทธิภาพของเอนไซม์ในเจลวานหางจระเข้.....   | 11   |
| 4      | ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น ( $a_w$ ) กับอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน.....                                    | 12   |
| 5      | การเปลี่ยน histidine เป็น histamine โดยอาศัยเอนไซม์ histidine decarboxylase.....                                       | 17   |
| 6      | การเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากตำรับอิมัลชัน ที่ประกอบด้วย humectant 10% .....                                  | 20   |
| 7      | การเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากตำรับอิมัลชัน .....  | 21   |
| 8      | เฟสไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิและความดันของน้ำ.....   | 23   |
| 9      | สมการแสดงกลไกการหาปริมาณความชื้น โดย Karl Fischer reagent.....   | 26   |
| 10     | การหักเหแสงภายใน Refractive index detector.....  | 28   |
| 11     | กลไกปฏิกิริยาระหว่าง primary amino acid และ OPA เมื่อมี thio อยู่.....   | 31   |
| 12     | Lyophilizer (FTS Systems, Inc., U.S.A.).....   | 40   |
| 13     | Karl Fischer Processor model 658 และ Titrating stand และ cell model 665 Dosimat (Metrohm, Switzerland).....            | 43   |
| 14     | โครมาโตแกรมของกลูโคสและแมนโนสในสารละลายมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.125, 0.25, 0.50, 1.00 และ 2.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร..... | 47   |
| 15     | กราฟมาตรฐานของกลูโคสและแมนโนสในสารละลายมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.125, 0.25, 0.50, 1.00 และ 2.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร..... | 48   |
| 16     | โครมาโตแกรมของกลูโคสและแมนโนสในเจลวานหางจระเข้.....  | 49   |

สารบัญภาพ(ต่อ)

| ภาพที่ |  | หน้า |
|--------|--|------|
| 17     | โครมาโตแกรมของอนุพันธ์กรดอะมิโนในสารละลายมาตรฐาน.....  | 51   |
| 18     | กราฟมาตรฐานของ Glutamic acid และ Glycine ในสารละลายมาตรฐาน<br>ความเข้มข้น 5, 10, 15 30 และ 60 พิโคโมลต่อไมโครลิตร.....   | 53   |
| 19     | โครมาโตแกรมของอนุพันธ์กรดอะมิโนในเจลวุ้นทางจระเข้.....   | 54   |
| 20     | ปริมาณน้ำในตำรับที่เพิ่มขึ้นของผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บ<br>ที่อุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นเวลา 6 เดือน.....  | 72   |
| 21     | ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของกรดกลูตามิก (%) กับเวลา (เมื่อเทียบ<br>ความเข้มข้นเริ่มต้นในแต่ละตำรับเป็น 100%) ในผงเจลวุ้นทางจระเข้<br>ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน..... | 86   |
| 22     | ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของ serine (%) กับเวลา (เมื่อเทียบความ<br>เข้มข้นเริ่มต้นในแต่ละตำรับเป็น 100%) ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับ<br>ต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน.....     | 87   |
| 23     | ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของ histidine (%) กับเวลา (เมื่อเทียบ<br>ความเข้มข้นเริ่มต้นในแต่ละตำรับเป็น 100%) ในผงเจลวุ้นทางจระเข้<br>ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน.....  | 88   |
| 24     | ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของ glycine (%) กับเวลา (เมื่อเทียบความ<br>เข้มข้นเริ่มต้นในแต่ละตำรับเป็น 100%) ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับ<br>ต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน.....    | 89   |
| 25     | ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของ arginine (%) กับเวลา (เมื่อเทียบความ<br>เข้มข้นเริ่มต้นในแต่ละตำรับเป็น 100%) ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ<br>เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75%RH เป็นเวลา 4 เดือน.....     | 90   |
| 26     | ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของ threonine (%) กับเวลา (เมื่อเทียบ<br>ความเข้มข้นเริ่มต้นในแต่ละตำรับเป็น 100%) ในผงเจลวุ้นทางจระเข้<br>ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน.....  | 91   |



## สารบัญภาพ(ต่อ)

| ภาพที่ |   | หน้า |
|--------|---|------|
| 27     | ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของ alanine(%) กับเวลา (เมื่อเทียบความเข้มข้นเริ่มต้นในแต่ละตำรับเป็น 100%) ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน.....        | 92   |
| 28     | ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของ tyrosine (%) กับเวลา (เมื่อเทียบความเข้มข้นเริ่มต้นในแต่ละตำรับเป็น 100%) ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน.....      | 93   |
| 29     | ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของ phenylalanine (%) กับเวลา (เมื่อเทียบความเข้มข้นเริ่มต้นในแต่ละตำรับเป็น 100%) ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน..... | 94   |
| 30     | ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของ isoleucine (%) กับเวลา (เมื่อเทียบความเข้มข้นเริ่มต้นในแต่ละตำรับเป็น 100%) ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน.....    | 95   |
| 31     | ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของ leucine (%) กับเวลา (เมื่อเทียบความเข้มข้นเริ่มต้นในแต่ละตำรับเป็น 100%) ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน.....       | 96   |
| 32     | ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของกลูโคส (%) กับเวลา (เมื่อเทียบความเข้มข้นเริ่มต้นในแต่ละตำรับเป็น 100%) ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน.....         | 97   |
| 33     | ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของแมนโนส (%) กับเวลา (เมื่อเทียบความเข้มข้นเริ่มต้นในแต่ละตำรับเป็น 100%) ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน.....         | 98   |
| 34     | ความสัมพันธ์ของ ln(ความเข้มข้นของกรดกลูตามิก) กับเวลา ในผงเจลวุ้นทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน.....  | 99   |

### สารบัญภาพ(ต่อ)

| ภาพที่ |  | หน้า |
|--------|--|------|
| 35     | ความสัมพันธ์ของ $\ln(\text{ความเข้มข้นของ serine})$ กับเวลา ในผงเจลว่านทาง<br>จระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4<br>เดือน.....        | 100  |
| 36     | ความสัมพันธ์ของ $\ln(\text{ความเข้มข้นของ histidine})$ กับเวลา ในผงเจลว่าน<br>ทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4<br>เดือน.....     | 101  |
| 37     | ความสัมพันธ์ของ $\ln(\text{ความเข้มข้นของ glycine})$ กับเวลา ในผงเจลว่านทาง<br>จระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4<br>เดือน.....       | 102  |
| 38     | ความสัมพันธ์ของ $\ln(\text{ความเข้มข้นของ arginine})$ กับเวลา ในผงเจลว่าน<br>ทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4<br>เดือน.....      | 103  |
| 39     | ความสัมพันธ์ของ $\ln(\text{ความเข้มข้นของ threonine})$ กับเวลา ในผงเจลว่าน<br>ทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4<br>เดือน.....     | 104  |
| 40     | ความสัมพันธ์ของ $\ln(\text{ความเข้มข้นของ alanine})$ กับเวลา ในผงเจลว่านทาง<br>จระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4<br>เดือน.....       | 105  |
| 41     | ความสัมพันธ์ของ $\ln(\text{ความเข้มข้นของ tyrosine})$ กับเวลา ในผงเจลว่าน<br>ทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4<br>เดือน.....      | 106  |
| 42     | ความสัมพันธ์ของ $\ln(\text{ความเข้มข้นของ phenylalanine})$ กับเวลา ในผงเจล<br>ว่านทางจระเข้ตำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4<br>เดือน..... | 107  |

## สารบัญญภาพ(ต่อ)

| ภาพที่   | หน้า |
|--|------|
| 43 ความสัมพันธ์ของ $\ln(\text{ความเข้มข้นของ isoleucine})$ กับเวลา ในผงเจลว่านหางจรเข้ดำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน..... | 108  |
| 44 ความสัมพันธ์ของ $\ln(\text{ความเข้มข้นของ leucine})$ กับเวลา ในผงเจลว่านหางจรเข้ดำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน.....    | 109  |
| 45 ความสัมพันธ์ของ $\ln(\text{ความเข้มข้นของกลูโคส})$ กับเวลา ในผงเจลว่านหางจรเข้ดำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน.....      | 110  |
| 46 ความสัมพันธ์ของ $\ln(\text{ความเข้มข้นของแมนโนส})$ กับเวลา ในผงเจลว่านหางจรเข้ดำรับต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ, 75% RH เป็นเวลา 4 เดือน.....      | 111  |

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

|                    |   |  |
|--------------------|---|--|
| cps                | = | เซนติพอยต์                             |
| %                  | = | ร้อยละ หรือเปอร์เซ็นต์                 |
| w                  | = | น้ำหนัก                                |
| v                  | = | ปริมาตร                                |
| $\mu\text{m}$      | = | ไมโครเมตร                              |
| mg                 | = | มิลลิกรัม                              |
| g                  | = | กรัม                                   |
| nmole              | = | นาโนโมล                                |
| $^{\circ}\text{ซ}$ | = | องศาเซลเซียส                           |
| RH                 | = | ความชื้นสัมพัทธ์                       |
| Mean               | = | ค่าเฉลี่ยเลขคณิต                       |
| SD                 | = | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน                   |
| GLC                | = | Gas Liquid Chromatography              |
| HPLC               | = | High Performance Liquid Chromatography |
| CFU                | = | Colony forming units                   |
| df                 | = | degree of freedom                      |
| LSR                | = | Least significant range                |
| SSR                | = | Significant studentized ranges         |
| MC                 | = | methylcellulose                        |
| SCMC               | = | sodium carboxymethylcellulose          |
| PVP                | = | polyvinylpyrrolidone                   |
| LV                 | = | low viscosity                          |
| EDTA               | = | ethylenediaminetetraacetic acid        |
| OPA                | = | o-Phthaldialdehyde                     |
| MCE                | = | 2-mercaptoethanol                      |
| Glu                | = | glutamic acid                          |

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ(ต่อ)

|      |   |               |
|------|---|---------------|
| Ser  | = | serine        |
| His  | = | histidine     |
| Gly  | = | glycine       |
| Arg  | = | arginine      |
| Thre | = | threonine     |
| Ala  | = | alanine       |
| Tyr  | = | tyrosine      |
| Phe  | = | phenylalanine |
| Ile  | = | isoleucine    |
| Leu  | = | leucine       |