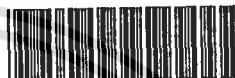


### ปัญหาพิเศษ

การศึกษาสภาวะการเตรียมเจลบุกและการนำไปใช้ประโยชน์

Study of Conditions for Preparation Gel from Conjac and its Application



T097082

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร

Department of Agricultural Industry  
Faculty of Agricultural Technology

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ชพ.

ย 356 ก

2541

สาขา.....  
เลขทะเบียน..... 97082  
วันเดือนปี.....



# ใบรับรองปัญหาพิเศษ

## เรื่อง

การศึกษาสภาวะการเตรียมเจลบุกและการนำไปใช้ประโยชน์  
Study of Cconditions for Preparation Gel from Conjac  
and its application

โดย

นายยุทธพงษ์ ศุภศิริสินธุ์  
นางสาววิมล เดิศจันทิตยกุล  
นายวิโรจน์ สาสีทา

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(.....)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปัญหาพิเศษ

(.....)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปัญหาพิเศษ

(.....)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

(.....)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร  
หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ยุทธพงษ์ ศุภศิริสินธุ์, วิจารณ์ เลิศบัณฑิตกุล และวิโรจน์ สาสิทธิ์ 2541. : การศึกษาสภาวะการเตรียม เจลบุกและการนำไปใช้ประโยชน์ (Study of Conditions for Preparation Gel from Conjac and its Application). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ชมพูนุท สีห์โสภณ, 53 หน้า

ในการเตรียมเจลบุกมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ น้ำปูนใส โดยน้ำปูนใสจะมีผลต่อความแข็งแรงของเจล จากการศึกษพบว่า การใช้น้ำปูนใสในขั้นตอนผสมที่มีความเข้มข้น 100 กรัม/ลิตร และนำเจลบุกที่ได้หลังนำออกจากพิมพ์ไปต้มในน้ำปูนใสความเข้มข้น 50 กรัม/ลิตรเป็นเวลา 10 นาที จะให้เจลบุกที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสดีที่สุดในแง่ความข้นหนืดและความคงตัวในเจล สำหรับการนำเจลบุกไปทดแทนส่วนผสมในขนม พบว่าสามารถนำไปทดแทนทั้งหมดโดยสัดส่วนที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสคือเจลบุกแทนทั้งหมด 70 % โดยใช้ข้าวเจ้าเป็นแหล่งคาร์บอนและทำให้สุกโดยการทอด และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับขนมปกติที่ไม่มีเจลบุกเป็นส่วนผสม พบว่าขนมที่ใช้เจลบุกจะเกิดการหมักเร็วกว่า โดย pH ของขนมจะอยู่ในช่วงที่เหมาะสมโดยใช้ระยะเวลาในการหมักเพียง 2 วัน ส่วนการนำเจลบุกไปเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นพบว่าสัดส่วนที่ให้ค่าการยอมรับสูงสุดคือ ใช้เจลบุก 30 % และใช้แป้งมันสำปะหลัง 15 %

*Snow Shihla*

วิจารณ์ เลิศบัณฑิตกุล

วิโรจน์ สาสิทธิ์

Prof. ชมพูนุท สีห์โสภณ

29 มี.ค. 41

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

วัน / เดือน / ปี

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีนั้น คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ชมพูนุท สีหโสมณ เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์มงคล เกษประเสริฐ อาจารย์อรนุช เกษประเสริฐ ตลอดจนท่านอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลืออย่างดียิ่งตลอดมา

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในระหว่างการศึกษาปฏิบัติงาน ขอขอบคุณที่ตุน สำหรับความช่วยเหลือและคำแนะนำที่ดี ขอขอบคุณเพื่อนๆและน้องๆ สำหรับความร่วมมือในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส รวมถึงกำลังใจที่มีให้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

กุมภาพันธ์ 2541



## สารบัญ

|                                     | หน้า |
|-------------------------------------|------|
| บทคัดย่อ                            | ค    |
| กิตติกรรมประกาศ                     | ง    |
| สารบัญตาราง                         | ฉ    |
| สารบัญภาพ                           | ช    |
| บทที่                               |      |
| 1. บทนำ                             | 1    |
| 2. การตรวจเอกสาร                    | 2    |
| 2.1 บุค                             | 2    |
| 2.2 การผลิตแป้งบุง                  | 4    |
| 2.3 ความสำคัญทางอุตสาหกรรมของบุง    | 11   |
| 3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง           | 14   |
| 3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี          | 14   |
| 3.2 อุปกรณ์                         | 14   |
| 3.3 วิธีการทดลองและการตรวจสอบคุณภาพ | 15   |
| 4. ผลการทดลอง                       | 22   |
| 4.1 การเตรียมเจลบุง                 | 22   |
| 4.2 ผลิตภัณฑ์เหนมจากเจลบุง          | 24   |
| 4.3 ผลิตภัณฑ์ลูกขึ้นจากเจลบุง       | 28   |
| 5. สรุปผลการทดลอง                   | 32   |
| 5.1 การศึกษาการเตรียมเจลบุง         | 32   |
| 5.2 การทำผลิตภัณฑ์เหนมจากเจลบุง     | 32   |
| 5.3 การทำผลิตภัณฑ์ลูกขึ้นจากเจลบุง  | 33   |
| เอกสารอ้างอิง                       | 35   |
| ภาคผนวก                             | 36   |
| ประวัติผู้เขียน                     | 53   |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่   | หน้า |
|--|------|
| 1 คุณสมบัติของแป้งบุกที่บริสุทธิ์เปรียบเทียบกับแป้งบุกก่อนการนำไปทำให้บริสุทธิ์                              | 8    |
| 2 ผลการวัดเนื้อสัมผัสของเจลบุกเมื่อใช้น้ำปูนใสที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ                                       | 22   |
| 3 ผลการวัดค่าสีของเจลบุกหลังนำไปต้มในน้ำปูนเมื่อใช้น้ำปูนใสในขั้นตอนบดผสมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ            | 23   |
| 4 ผลของความเข้มข้นน้ำปูนใสที่ระดับต่างๆที่มีต่อความคั้นในเจลบุก  | 23   |
| 5 ผลของสภาวะต่างๆในการเตรียมเจลบุกหลังนำออกจากพิมพ์ต่อลักษณะปรากฏของเจลบุก                                   | 24   |
| 6 ผลของการนำเจลบุกไปทดแทนส่วนผสมในขนมต่อลักษณะปรากฏของขนม  | 24   |
| 7 ผลของปริมาณเจลบุกทดแทนหนึ่งหมู่ที่มีต่อลักษณะปรากฏของขนม   | 25   |
| 8 ผลของปริมาณเจลบุกทดแทนหนึ่งหมู่ต่อค่าความเป็นกรดต่างของขนม   | 26   |
| 9 ผลของปริมาณเจลบุกทดแทนหนึ่งหมู่ต่อปริมาณกรดทั้งหมดในขนม  | 26   |
| 10 ผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมซึ่งผ่านการทำให้สุกโดยไม่ใครเวฟ ที่ใช้เจลบุกทดแทนหนึ่งหมู่ที่ระดับต่างๆ | 27   |
| 11 ผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมซึ่งผ่านการทำให้สุกโดยการทอด ที่ใช้เจลบุกทดแทนหนึ่งหมู่ที่ระดับต่างๆ    | 27   |
| 12 ผลของชนิดของแป้งที่มีต่อความแข็งของลูกชิ้น  | 28   |
| 13 ผลของชนิดของแป้งที่มีต่อสีของลูกชิ้น  | 28   |
| 14 ผลของปริมาณเจลบุกใช้แทนเนื้อหมูที่ระดับต่างๆต่อลักษณะปรากฏของลูกชิ้น                                      | 29   |
| 15 ผลของปริมาณแป้งที่ระดับต่างๆต่อลักษณะปรากฏของลูกชิ้นเมื่อใช้เจลบุกแทนเนื้อหมู 30 %                        | 29   |
| 16 ผลของปริมาณแป้งที่ระดับต่างๆต่อลักษณะปรากฏของลูกชิ้นเมื่อใช้เจลบุกแทนเนื้อหมู 50 %                        | 30   |
| 17 ผลการวัดเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นที่ใช้ปริมาณแป้งในระดับต่างๆเปรียบเทียบกับลูกชิ้นทั่วไปตามท้องตลาด           | 30   |
| 18 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นเจลบุก   | 31   |

| ตารางผนวกที่  | หน้า |
|---|------|
| 1 ค่าแรงกดสูงสุดของเจลบุกที่ใช้น้ำปูนใสความเข้มข้นระดับต่างๆ  | 38   |
| 2 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของการวัดเนื้อสัมผัสเจลบุกที่ใช้ความเข้มข้นน้ำปูนใสที่ระดับต่างๆ                | 38   |
| 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า L ของเจลบุกหลังต้ม   | 40   |
| 4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า a ของเจลบุกหลังต้ม   | 40   |
| 5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า b ของเจลบุกหลังต้ม   | 40   |
| 6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของสีแฉนมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยไมโครเวฟ                                   | 42   |
| 7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของกลิ่นแฉนมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยไมโครเวฟ                                | 42   |
| 8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของรสแฉนมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยไมโครเวฟ                                   | 42   |
| 9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเนื้อสัมผัสแฉนมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยไมโครเวฟ                          | 43   |
| 10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความชอบรวมแฉนมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยไมโครเวฟ                          | 43   |
| 11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของสีแฉนมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยการทอด                                    | 43   |
| 12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของกลิ่นแฉนมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยการทอด                                 | 44   |
| 13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของรสแฉนมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยการทอด                                    | 44   |
| 14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเนื้อสัมผัสแฉนมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยการทอด                           | 44   |
| 15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความชอบรวมแฉนมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยการทอด                            | 45   |
| 16 ผลการวัดค่าแรงกดสูงสุดของลูกชิ้นเจลบุกที่ใช้แป้งมันสำปะหลังที่ปริมาณต่างๆเปรียบเทียบกับลูกชิ้นทั่วไป | 47   |
| 17 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการวัดเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นเจลบุกที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง                      | 47   |
| 18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของสีลูกชิ้นเจลบุก   | 49   |
| 19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของกลิ่นลูกชิ้นเจลบุก  | 49   |
| 20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของรสลูกชิ้นเจลบุก   | 49   |
| 21 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเนื้อสัมผัสลูกชิ้นเจลบุก  | 50   |
| 22 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความชอบรวมลูกชิ้นเจลบุก   | 50   |
| 23 ตัวอย่างแบบทดสอบเพื่อประเมินผลทางประสาทสัมผัส  | 52   |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่                                      | หน้า |
|---|------|
| 1 กระบวนการผลิตแป้งบุกแบบแห้ง               | 5    |
| 2 กระบวนการผลิตแป้งบุกโดยวิธีแบบเปียก       | 6    |
| 3 กระบวนการผลิตกถุโคแมนแนนชนิดบริสุทธิ์     | 8    |
| 4 โครงสร้างบางส่วนของกถุโคแมนแนนในแป้งบุก   | 10   |
| 5 โครงสร้างของกถุแมนแนน                     | 11   |
| 6 หัวบุกพันธุ์เนื้อทราย                     | 16   |
| 7 ขั้นตอนการเตรียมเจลบุก                    | 17   |
| 8 เจลจากบุก                                 | 17   |
| 9 เครื่องวัดสี (Color meter)                | 18   |
| 10 ลูกชิ้นเจลบุกทดแทนเนื้อหมูที่ระดับต่างๆ  | 21   |
| 11 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) | 21   |



# บทที่ 1

## บทนำ

บุกเป็นพืชหัวชนิดหนึ่งที่ปัจจุบันกำลังเป็นที่น่าสนใจ และมีผู้ให้ความสำคัญในการนำมาพัฒนาสู่ระดับอุตสาหกรรม โดยมีการศึกษาในการนำบุกไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ เนื่องจากพืชหัวชนิดนี้มีคุณสมบัติพิเศษคือสามารถดูดซับน้ำได้มาก เมื่อผ่านกรรมวิธีแปรรูปแล้วจะมีลักษณะเป็นเจล จากการศึกษาพบว่า การรับประทานเจลบุกจะช่วยลดความอ้วน และช่วยให้ระบบขับถ่ายทำงานเป็นปกติ นอกจากนี้ยังสามารถนำบุกมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ได้อีกด้วย การศึกษาการนำบุกมาใช้ประโยชน์ จึงเป็นการกระตุ้นให้เกิดการตื่นตัวในการนำพืชหัวชนิดนี้มาใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมให้แพร่หลายยิ่งขึ้น

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการเตรียมเจลจากหัวบุก
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเจลบุกไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร

## บทที่ 2

### การตรวจเอกสาร

#### 2.1 บุก

บุกหรือกะบุก เป็นพืชหัวพื้นเมืองของหลายประเทศในแถบเอเชีย ทั้งที่ตั้งอยู่ในเขตร้อน เช่น ไทย พม่า ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย บังคลาเทศ อินเดีย ฯลฯ และในเขตอบอุ่น เช่น จีน ญี่ปุ่น ซึ่งทั้ง 2 ประเทศ ได้พัฒนาพืชชนิดนี้มานานจนมีการปลูก การพัฒนาพันธุ์ การถนอมอาหาร และการแปรรูปทางอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะญี่ปุ่นเป็นประเทศแรกที่ส่งผลิตภัณฑ์อาหารจากบุก ภายใต้ชื่อ คอนนิยากู จำหน่ายจนเป็นที่รู้จักในหลายประเทศทั่วโลก สำหรับประเทศไทยตามรายงานด้านอนุกรมวิธานเมื่อปี 2525 พบว่ามีบุกอยู่ทุกภาคของประเทศจำนวน 20 ชนิด ซึ่งส่วยใหญ่คือ 17 ชนิดจัดอยู่ในวงศ์ Araceae โดยอยู่ในสกุล Amorphophallus 10 ชนิด สกุล Arissaema 6 ชนิด และสกุล Psuedodracontium 1 ชนิด ส่วนอีก 3 ชนิด อยู่ในวงศ์อื่น และจัดอยู่ในประเภทบุกเทียม แต่เกือบทุกชนิดยังเป็นพืชป่าไม่มีการศึกษาพัฒนาใช้ประโยชน์ มีเพียงไม่กี่ชนิดที่ผู้คนในท้องถิ่นแต่ละภาครู้จักวิธีกรที่จะนำเอาบางส่วนของตน เช่น หัวใต้ดิน และต้นอ่อน หรือเฉพาะต้นอ่อน หรือต้นอ่อน และช่อดอก ไปปรุงอาหารตามฤดูกาลทั้งในรูปของอาหารคาว และขนมหวาน บางชนิดก็นำเอาต้น ใบมาหั่นต้มรวมกับรำข้าวและปลายข้าวเลี้ยงสุกร สำหรับบุกที่จะนำมาใช้เพื่อประโยชน์ทางอุตสาหกรรมอาหารนั้นในประเทศไทยไม่มีรายงานมาก่อน แต่บุกที่พบมากในประเทศไทยนั้นเป็นบุกพันธุ์ เนื้อทราย ( มงคล และ อรรนุช , 2540 )

#### 2.1.1 บุกเนื้อทราย

##### แหล่งกำเนิด

อยู่ในเขตป่าโปร่งธรรมชาติ ซึ่งอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 300 - 800 เมตร ตามบริเวณแนวชายแดนไทยกับสหภาพพม่า ตั้งแต่ตอนล่างของจังหวัดแม่ฮ่องสอนในเขต อ. ขุนยวม ลงไปถึง อ. ทองผาภูมิ จ. กาญจนบุรี

##### พันธุ์

ชื่อไทย บุก, บุกเนื้อทราย, บุกที่มีไซ(บนใบ), บุกไซ

ชื่ออังกฤษ Elephant Yam, Elephant Food Yam, Elephant

Bread

ชื่อวิทยาศาสตร์ Amorphophallus oncophyllus Prain

### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

บุกเนื้อทรายเป็นพืชหัวประเภทล้มลุก หัวใต้ดิน (ลำต้นจริง) ลักษณะกลมแบน ผิวเรียบถึงขรุขระเล็กน้อย สีขาว หรือ ชมพู เมื่อแห้งจะเป็นสีน้ำตาล เนื้อในมีหลายลักษณะ คือ สีขาวอมเหลือง ขาวอมชมพู เหลือง ชมพู มีน้ำหนักตั้งแต่ 1 กรัมจนถึงประมาณ 35 กิโลกรัม

ต้น ลำต้น (ลำต้นเทียม หรือ ก้านใบ) สูงประมาณ 5 - 180 เซนติเมตร รูปทรงกระบอก ปลายเรียวเล็กกว่าส่วนโคนเล็กน้อย ลักษณะอวบน้ำ ผิวเรียบ สีของลำต้นมีหลายลักษณะ แต่ละต้นที่งอกขึ้นมาจากหัวเดียวกัน หรือต่างหัวกัน จะมีสีและลายสีของต้นแตกต่างกันไป เช่น ต้นสีเขียวอ่อน ลายสีขาวขีด ต้นสีเข้มลายจุดสีขาว ต้นสีเขียวเข้มลายน้ำสีดำ ต้นสีเขียวลายจุดประสีขาว ต้นสีเขียวออกชมพูลายดำ หรือ น้ำตาลปนขาว และอื่น ๆ ( มงคล และ อรุณ , 2540 )

#### 2.1.2 องค์ประกอบในแป้งบุก

จากการศึกษาได้พบว่าองค์ประกอบหลักซึ่งเป็นสารสำคัญในพืชตระกูลบุกคือ กลูโคแมนแนน (glucomannan) เป็นโพลีแซ็กคาไรด์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ ก่อตัวเป็นเส้นใย ซึ่งจัดว่าเป็นสารสำคัญชนิดหนึ่งต่างจากสตาร์ชที่สะสมในเมล็ดธัญพืช หรือพืชหัวอื่น ๆ โดยสตาร์ชของพืชเหล่านี้เป็นสารประเภทอะมิโดสและอะมิโดเพคติน ที่โครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส แต่กลูโคแมนแนนเป็นโครงสร้างต่อเนื่องของน้ำตาลแมนโนสและน้ำตาลกลูโคส ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษคือเมื่อถูกน้ำจะพองตัวได้ 20 - 30 เท่า แป้งกลูโคแมนแนนที่สะอาดบริสุทธิ์จะมีสีขาวไม่มีกลิ่น เมื่อผสมน้ำจะขยายตัวมีลักษณะเป็นวุ้น บริโภคจะต้องดื่มน้ำตามมาก ๆ ( เสาวภา , 2540 )

Smith และ Srivarata (1959) ได้ทำการศึกษารายละเอียดขององค์ประกอบของกลูโคแมนแนนในวิธีแรกได้ทำการศึกษาโดยการใส่แบคทีเรียที่สร้างสปอร์ได้ (sporulating bacteria) ซึ่งแยกได้จากแป้งบุก ทำการย่อยแป้งบุกพบว่า ผลที่ได้จากการย่อยครั้งนี้ คือ น้ำตาลไตรแซ็กคาไรด์ซึ่งประกอบด้วย น้ำตาล ดี-แมนโนส 2 โมเลกุล และน้ำตาล ดี-กลูโคส 1 โมเลกุลและเมื่อทำการย่อยแป้งบุก โดยใช้กรดซัลฟิวริกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปวิเคราะห์โดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ผลที่พบคือ น้ำตาล ดี-แมนโนส และน้ำตาล ดี-กลูโคส ในอัตราส่วนน้ำตาล ดี-แมนโนสต่อน้ำตาล ดี-กลูโคส เท่ากับ 1.5 ต่อ 1

การศึกษาน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบใน กลูโคแมนแนนที่บริสุทธิ์ โดยนำกลูโคแมนแนนนี้ไปย่อยด้วยกรดอย่างสมบูรณ์ด้วยกรดซัลฟิวริกแล้วทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ พบว่า น้ำตาลซึ่งเป็นองค์ประกอบของกลูโคแมนแนน คือ น้ำตาล ดี-แมนโนส และ น้ำตาลดี-กลูโคส ในอัตราส่วนโมลของน้ำตาลดี-แมนโนสต่อน้ำตาลดี-กลูโคส เท่ากับ 1.6 ต่อ 1 (เสาวภา , 2540 )

นอกจากการศึกษาขององค์ประกอบของน้ำตาลแล้ว Smith และ Srivarata ได้ทำการศึกษาพันธะต่อเชื่อมของกลูโคแมนแนน พบว่าน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบนี้ต่อเชื่อมด้วยพันธะชนิด ปีตา-ไกลโคซิดิก

Sugiyama และคณะ (1974) ได้นำกลูโคแมนแนนบริสุทธิ์ไปตรวจด้วยเครื่องดูดซับแสงอินฟราเรด (Infared absorption) ผลที่ได้คือพบค่าดูดซับแสงอินฟราเรดที่  $870\text{ cm}^{-1}$  และที่  $890\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นค่าจำเพาะของพันธะ ปีตา กลูโคซิดิก ( $\beta$  - glucosidic) และพันธะปีตา - แมนโนซิดิก ( $\beta$  - mannosidic) .

จากส่วนนี้ ทำให้ทราบว่า กลูโคแมนแนนนั้น ประกอบด้วยน้ำตาล ดี-กลูโคส และ น้ำตาล ดี-แมนโนส เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ ปีตา 1-4-ไกลโคซิดิก

## 2.2 การผลิตแป้งบุก

หัวบุกสดโดยทั่วไปจะมีน้ำประมาณ 80-90 % และส่วนที่เป็นของแข็ง 10-20% ซึ่งในส่วนที่เป็นของแข็งประกอบด้วย ส่วนอนุภาคขนาดหยาบ (Coarse Konjac flour component) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ  $2 \times 10^{-2}$  มิลลิเมตร ประมาณ 60-80% โดยส่วนใหญ่เป็นกลูโคแมนแนน หรือที่นิยมเรียกว่า คอนยัคแมนแนน (Konjac mannan) และส่วนอนุภาคขนาดละเอียด (Fine powder หรือ tachiko component) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า  $1 \times 10^{-2}$  มิลลิเมตรประมาณ 20-40 % โดยอนุภาคส่วนหลังนี้จัดเป็นสารเจือปน (tachiko component) ที่จำเป็นต้องกำจัดออกซึ่ง ได้แก่ แป้ง (Starch) โปรตีน และสารระคายเคือง (irritant) เป็นต้น (เสาวภา , 2540 )

การผลิตแป้งบุกสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

1. การผลิตแบบแห้ง (traditional method or dry method)

วิธีการผลิตคือ นำหัวบุกมาหั่นเป็นแผ่นบางมีความหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปทำแห้งให้ความชื้นเหลือประมาณ 15% โดยน้ำหนัก ซึ่งการทำแห้งนั้นอาจทำโดยแยกออกจากกัน โดยใช้เครื่อง Stamp mill จากนั้นทำการแยกแป้งผงบุกและส่วนที่เป็นสารไม่บริสุทธิ์ออกจากกัน ด้วยเครื่องเป่าแยกด้วยลม (air classification) แผนภาพกระบวนการผลิตสรุปได้ดังภาพที่ 1 แต่พบว่าวิธีนี้ไม่นิยมเนื่องจากมีข้อเสียดังนี้ คือ หัวบุกที่นำไปทำแห้งจะมีลักษณะแข็งเมื่อนำไปทำการบดให้อนุภาคแยกจากกันจึงทำได้ยาก แป้งบุกที่ได้นั้นมีสารไม่บริสุทธิ์ปนอยู่มาก ทำให้ใช้เวลาในกระบวนการบดให้อนุภาคแยกออกจากกันนานขึ้น และผลผลิตผลบุก (yield) ที่ได้จากวิธีนี้ต่ำ เนื่องจากในขั้นตอนแยกสารไม่บริสุทธิ์ออก โดยใช้เครื่องเป่าแยกด้วยลมนั้นส่วนที่เป็นแป้งบุกจะติดไปกับส่วนที่เป็นสารไม่บริสุทธิ์มากเกินไป (เสาวภา , 2540 )



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตแป้งบุกแบบแห้ง

ที่มา : นุปผา (2535)

## 2. การผลิตแบบเปียก (Improved wet method or convectional wet method)

วิธีการผลิตทำโดยนำหัวบุกไปทำการบด ให้อนุภาคแยกจากกันในตัวกลางที่เป็นของเหลว (Pulverizing medium) ซึ่งอาจเป็นน้ำ หรือตัวทำละลายอินทรีย์ ที่ละลายน้ำได้ (water-miscible organic solvent) เช่น เอธิลแอลกอฮอล์ ที่เติมโซเดียมซัลไฟต์เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงสี จากนั้นทำการแยกอนุภาคแป้งบุกออกจากสารไม่บริสุทธิ์โดยการร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100-120 เมช\* และทำซ้ำอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นทำการล้างแป้งบุกด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ 70%

จนได้แป้งนุกที่มีสีค่อนข้างขาวหรือถ้าเป็นการผลิตในระดับอุตสาหกรรมจะมีการใช้เครื่องมือบางอย่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ได้แก่ hammer mill cenfrifugal settling machine polisher และ differential specific gravity settling tank มีระบบนำเอริลแอลกอฮอล์กลับมาใช้ใหม่ได้อีก และจึงนำไปทำการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิประมาณ 80-90 °C แผนภาพกระบวนการผลิตสรุปได้ดังภาพที่ 2

(\* เมช หน่วยบอกขนาด หมายถึง จำนวนรูใน 1 ตารางนิ้ว)



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตแป้งนุกโดยวิธีแบบเปียก

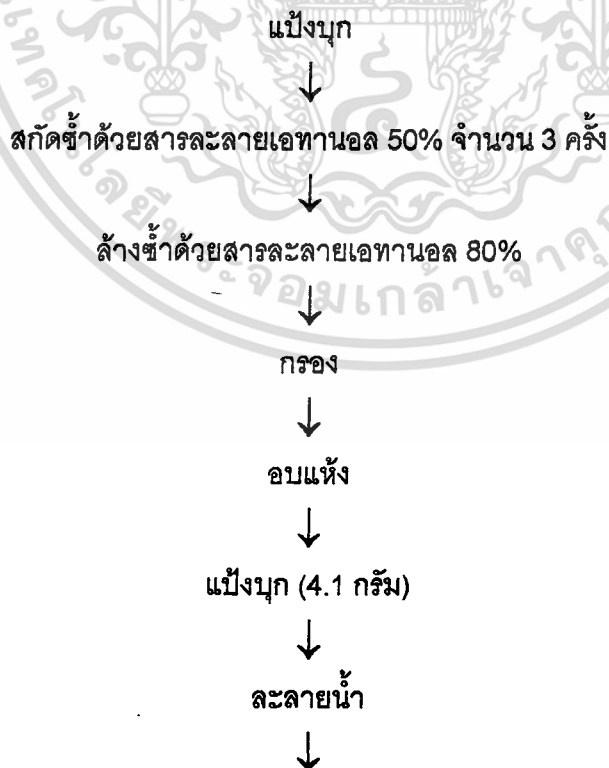
ที่มา : นุปผา ( 2535 )

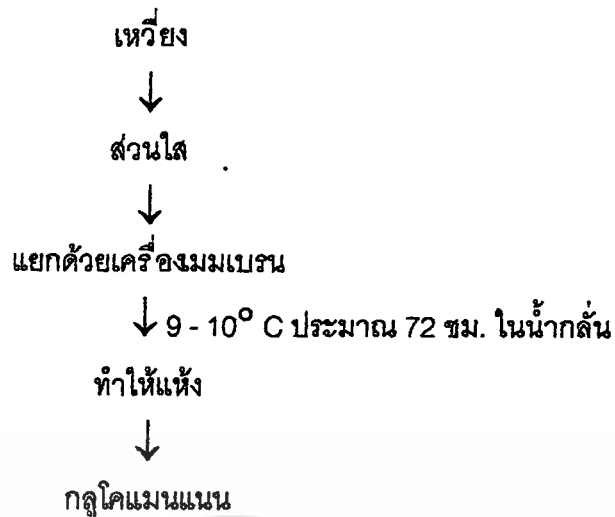
อย่างไรก็ตามพบว่า วิธีนี้ยังไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพต่ำ และคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ซึ่งเข้าใจว่าเกิดเนื่องมาจากมีสารไม่บริสุทธิ์ติดอยู่ที่ผิวของอนุภาคแป้งนุกเป็นปริมาณมากเป็นสาเหตุให้คุณสมบัติการรวมตัวกับน้ำ (Hydrophilic) ของแป้งนุกลดลง จึงทำให้แป้งนุกที่ผลิตได้มีคุณภาพไม่ดี แต่วิธีนี้มีข้อดีว่าการผลิตแบบแห้ง ตรงที่ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้สูงกว่า และเวลาที่ใช้ในการผลิตนั้นสั้นกว่า (เสาวภา , 2540 )

### 2.2.1 กรรมวิธีการผลิตกลูโคแมนแนนชนิดบริสุทธิ์

วัตถุประสงค์ของการผลิตกลูโคแมนแนนชนิดบริสุทธิ์ หรือ คอนยัคแมนแนน (Konjacmannan) เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ มีการทดลองยืนยันว่า กลูโคแมนแนนที่บริสุทธิ์นี้ เป็นตัวที่ทำให้ระดับคอเลสเตอรอล (cholesterol) ในเลือดและความดันโลหิตลดลง

Sugiyama (1974) ได้ศึกษากระบวนการทำแป้งบุกให้บริสุทธิ์โดยนำแป้งบุก 10 กรัม ไปทำการสกัดด้วยสารละลายเอทานอล 50% จำนวน 3 ครั้ง จากนั้นล้างซ้ำด้วยสารละลายเอทานอล 80% จากนั้นนำไปกรองและอบแห้งจะได้ผงบุกมีน้ำหนักเหลือประมาณ 4.1 กรัม นำไปละลายน้ำในอัตราส่วน 1 กรัม ต่อ น้ำ 100-200 มิลลิลิตร ในขั้นตอนนี้ส่วนประกอบที่สารละลายน้ำได้ เช่น กลูโคแมนแนน สารไม่บริสุทธิ์ที่มีโมเลกุลต่ำและเกลืออนินทรีย์จะละลายอยู่ในน้ำ ส่วนสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ เช่น สตาร์ช (starch) หรือพวกเส้นใยต่าง ๆ จะลอยอยู่ในน้ำและถูกกำจัดออกไปโดยการกรองหรือการเหวี่ยง (centrifuge) หลังจากทำการแยกสารที่ไม่ละลายน้ำออกไปแล้ว นำสารละลายส่วนใสไปทำการแยกสารไม่บริสุทธิ์ที่ละลายน้ำได้และสารอนินทรีย์ ออกโดยใช้เยื่อเมมเบรน (dialysis) ซึ่งจะใช้ถุงเซลโลโฟน หรือ เซลลูโลสเมมเบรน ทำการแยกในน้ำกลั่น ประมาณ 24-28 ชม. และเมื่อครบกำหนดเวลา สารละลายที่ได้จากการแยกด้วยเยื่อเมมเบรนจะนำมาทำแห้ง โดยใช้เครื่องระเหิดด้วยความเย็น (lyophilized or freeze - drying) ภายใต้อุณหภูมิที่  $-20^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 30 ชม. ในที่สุดจะได้ผลบุกที่บริสุทธิ์ (Konjac mannan) มีลักษณะสีขาวเหมือนฝ้าย เบาและพองน้ำได้ กระบวนการดังกล่าวสรุปได้ดัง ภาพที่ 3





**ภาพที่ 3** กระบวนการผลิตกลูโคแมนแนนชนิดบริสุทธิ์ (Konjac mannan of Glucomannan)  
ที่มา : นุปผา ( 2535 )

### 2.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งบุก

1. มีสีขาวเหมือนแป้งฝ้าย เบา
2. เมื่อละลายน้ำ จะให้สารละลายใส โปร่งแสงและมีความหนืด
3. มีความสามารถในการเกิดเจลได้
4. เมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรด แอบซอร์บชั่น พบว่าแป้งบุกที่บริสุทธิ์มีค่าการดูดซับแสงอินฟราเรดที่  $890-870\text{ cm}^{-1}$

Sugiyama และ Shimahara (1974) ได้ทำการสรุปคุณสมบัติแป้งบุกที่บริสุทธิ์เปรียบเทียบกับแป้งบุก ก่อนการนำไปทำให้บริสุทธิ์ ดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** แสดงคุณสมบัติของแป้งบุกที่บริสุทธิ์ เปรียบเทียบกับแป้งบุกก่อนการนำไปทำให้บริสุทธิ์

| คุณสมบัติ                            | แป้งบุกบริสุทธิ์ | แป้งบุกเริ่มต้น |
|--------------------------------------|------------------|-----------------|
| ความสามารถในการละลายน้ำ              | ละลายได้         | ละลายได้        |
| ความสามารถในการเกิดเจล               | ยังคงมีอยู่      | ยังคงมีอยู่     |
| ความสามารถในการละลายใน NaOH 20%      | ไม่ละลาย         | ไม่ละลาย        |
| ความสามารถในการรีดิวส์               | ไม่พบ            | พบ              |
| เมื่อทำการปฏิกริยากับสารละลายไอโอดีน | ไม่เกิดปฏิกริยา  | เกิดปฏิกริยา    |

ที่มา : Sugiyama และ Shimahara ( 1974 )

### 2.2.3 โครงสร้างของกลูโคแมนแนนในแป้งบุก

การศึกษาโครงสร้างทางเคมีของกลูโคแมนแนนจากแป้งบุก โดยการใช้กรดซัลฟิวริก ย่อยแป้งบุกและโดยการใช้ไซม์เซลลูเลสย่อยแป้งบุก แล้วนำไปทำการแยกส่วน ซึ่ง Kato และคณะ ได้สรุปว่า กลูโคแมนแนนในแป้งบุกนั้นมีหน่วยต่อหนึ่งของโมเลกุลน้ำตาล (repeating units) 2 แบบ คือ

กลูโคแมนแนน A ; -G-G-M-M-M-M-G-M

กลูโคแมนแนน B ; -G-G-M-G-M-M-M-M

เมื่อ G แทน หน่วยของน้ำตาล ดี-กลูโคส

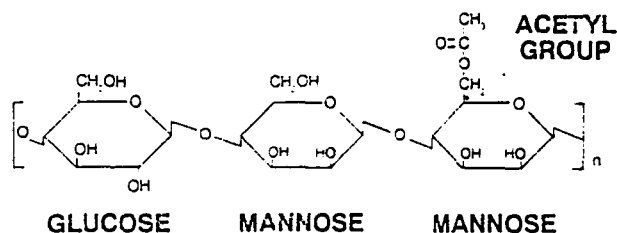
M แทน หน่วยของน้ำตาล ดี-แมนโนส

- แทน พันธะ บีตา 1,4 ไกลโคซิดิก

และพบว่า ในกลูโคแมนแนน A มีหน่วยต่อหนึ่งของโมเลกุลน้ำตาล ดี-แมนโนส 10-13 หน่วย และกลูโคแมนแนน B มีหน่วยต่อหนึ่งของ โมเลกุลน้ำตาล ดี-แมนโนส 38-40 หน่วยและยังพบด้วยว่าทั้งสองชนิดนี้มีส่วนประกอบบางช่วงของโครงสร้างเป็นน้ำตาลกาแล็กโตส แต่มีจำนวนน้อยกว่าน้ำตาลแมนโนส ( เสาวภา , 2540 )

การศึกษาโครงสร้างกลูโคแมนแนนจากแป้งบุก โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีมีทิลเลชัน (Methylation analysis) ซึ่งพบว่ากลูโคแมนแนนมีโครงสร้างการแตกแขนงที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของน้ำตาลแมนโนสและน้ำตาลกลูโคส ( เสาวภา , 2540 )

กลูโคแมนแนนประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนสและน้ำตาลกลูโคส ในอัตราส่วนโมล น้ำตาลแมนโนสต่อน้ำตาลกลูโคส 3:2 เชื่อมต่อกันด้วยพันธะบีตา- 1,4 ในโมเลกุลเส้นตรงของกลูโคแมนแนนนี้มีกลุ่มแอซิติล (Acetyl groups) กระจายอยู่อย่างไม่มีแบบแผน โดยปกติจะพบกลุ่มแอซิติล 1 กลุ่มต่อน้ำตาลกลูโคสหรือน้ำตาลแมนโนส 19 หน่วย โครงสร้างนี้แสดงดังภาพที่ 4



#### ภาพที่ 4 โครงสร้างบางส่วนของกลูโคแมนแนนในแป้งบุก

ที่มา : เสาวภา ( 2540 )

##### ● สมบัติทางชีวเคมีของบุก

เนื่องจากมีบุกหลายชนิด เช่น บุกป่าหลายชนิด และบุกบ้านซึ่งเป็นที่รู้จักของชาวชนบท และบริโภคมานานแล้ว การบริโภคก็ทำได้ต่าง ๆ นานา โดยที่ชาวชนบทมิได้ทราบสมบัติทางชีวเคมีของพืชชนิดนี้บริโภคกันตามคำบอกเล่าตกทอดกันมา ดังนั้นนักวิชาการของกลุ่มงานพฤกษศาสตร์วิทยา กองพฤกษศาสตร์และวัชพืช จึงเห็นช่องว่างของงานวิจัยที่น่าจะเร่งดำเนินการเป็นขั้นตอน ตรวจพบหัวบุกบ้าน จากนครราชสีมา พบว่ามีปริมาณแป้ง 67% โปรตีน 5-6% ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งจะมีต่างกัน ขนาดไม่สม่ำเสมอวัดได้ 5-18 ไมครอนและตรวจพบผลึกของแคลเซียมออกซาเลทในเนื้อหัวบุกป่าทุกชนิด ( ھرรชษ และ อรณุช , 2532 )

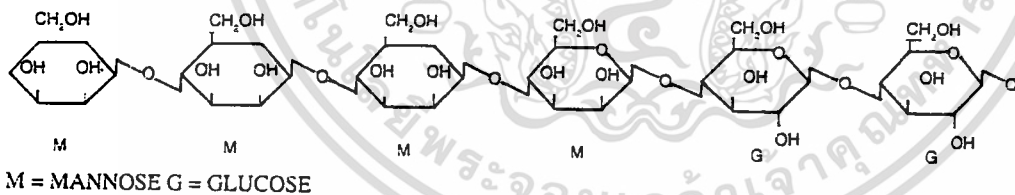
จากการศึกษาบุกในต่างประเทศพบว่าบุกป่าชนิดก้านใบมีหนาม (A campan ulatus) มีแป้งทั้งหมด 18-18.4% ไขมัน 0.4-2.1% โปรตีน 1.2-5.1% แคลเซียม 50 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมของเนื้อจากหัวบุก ฟอสฟอรัส 20 มิลลิกรัม มีธาตุเหล็ก 0.6 มิลลิกรัม วิตามินเอ 434 ไอ.ยู. ไทอามีน 60 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 มีมากถึง 75 มิลลิกรัม มีสารแมนแนน 9% นอกจากนั้นยังมีรายงานว่าพบแอลคาลอยด์ ประเภทคอนิซิน (conicine) บุกป่าชนิดนี้หัวจะมีความชื้นสูง 74.9-78.7% ส่วนใบของบุกป่ามีปริมาณความชื้นสูง 85.0-87.9% มีโปรตีน 2.5-3.4% มีสารประเภทแป้ง 2.7-3.3% มีเส้นใย 4-7% ไขมัน 0.36-0.58% ความเข้มข้นของสารเหล่านี้ขึ้นอยู่กับอายุการสุกแก่ของพืช

( ھرรชษ และ อรณุช , 2532 )

ชนิดของสารประเภทเส้นใยธรรมชาติที่สะสมอยู่ในหัวบุกทั่วไป คือ กลูโคแมนแนน (glucomannan) ซึ่งจัดได้ว่าเป็นพวกรุ่นสำคัญชนิดหนึ่ง รุ่นชนิดนี้ต่างกับรุ่นที่มีสะสมในสาหร่ายและในเมล็ดธัญพืช และพืชอื่น ๆ ที่รู้จักบริโภคแพร่หลายในประเทศไทย ในพืชเมล็ดเล็ก เช่น ข้าว และ

ข้าวโพด เป็นแป้งอโมไลส อโมไลเพคติน มีสูตรโครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส แต่วุ้นแมนแนนมีส่วนต่อเนื่องของโครงสร้างที่ประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนส (mannose) และกลูโคส การเกาะตัวของแมนโนสในโครงสร้างของแมนแนนนั้น มีพันธะ (bond) จับที่ตำแหน่ง 1-4 และที่ปลายสุดของลูกโซ่ในโมเลกุล จะเป็นแมนโนพีราโนส (mannopyranose) ( ھرรชษ และ อรนุช , 2532 )

การวิจัยทางชีวเคมี (2) พบแล้วว่ามีแมนแนน 2 ชนิด ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้จำแนกและให้ชื่อว่า แมนแนน เอ และ แมนแนน บี และเชื่อกันว่าชนิดบี มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าชนิดเอและยังพบด้วยว่าทั้งสองชนิดมีสารประกอบบางช่วงของโครงสร้างเป็นน้ำตาลกาแลคโตส (galactose) แต่มีจำนวนน้อยกว่าแมนโนส สรุปได้ขณะนี้แล้วว่าแมนแนนเอมีหน่วยต่อเนื่องของโมเลกุลน้ำตาลแมนโนส 10-13 หน่วย และของแมนแนนบี มี 38-40 หน่วย ดังนั้นการกำหนดชื่อของวุ้นแมนแนนในพืชหัวพวกบุกหรือที่นักชีวศึกษามีที่ศึกษาก่อนในตอนต้นเรียกว่าวุ้นคอนยัค(konjac mannan) ควรจะเรียกว่า "กลูโคแมนแนน" (glucomannan) เนื่องจากในการวิเคราะห์ทางชีวเคมีนั้นเมื่อทำให้เกิดการแตกตัวของวุ้นแมนแนนแล้วจะได้กลูโคสกับแมนโนส และการวิเคราะห์ทางชีวเคมีอีกด้านหนึ่งพบว่ามีอัตราส่วนน้ำหนักของกลูโคส: แมนโนส เป็น 2:3 (Smith and Srivara 1959) นอกจากนี้ยังมีผู้ตรวจพบด้วยว่ามีหน่วยโมเลกุลต่ออย่างซ้ำกันกลุ่มละ 13 โมเลกุล และโมเลกุลของแมนแนนยังมีกิ่งก้าน (branch chain) โดยมีแมนโนสและกลูโคสต่อเกาะกันที่ตำแหน่งคาร์บอน -1 คาร์บอน -3 และคาร์บอน -4 สูตรโครงสร้างของวุ้นแมนแนนแสดงให้เห็นดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 โครงสร้างของวุ้นแมนแนน

ที่มา : ھرรชษ และ อรนุช ( 2532 )

### 2.3 ความสำคัญทางอุตสาหกรรมของบุก

ชาวญี่ปุ่นและจีนได้แปรรูปอาหารจากหัวบุกบางชนิดให้มีลักษณะคล้ายวุ้น แล้วบริโภคมาแต่โบราณ โดยชาวญี่ปุ่นเชื่อว่าจะช่วยให้สุขภาพดีมีอายุยืน เมื่อวิทยาการก้าวหน้าขึ้นจึงได้ค้นพบว่า

ในหัวบุกนั้นมีสารสำคัญ ที่มีโครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสและแมนโนส มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่ากลูโคแมนแนน เป็นสารใยอาหารธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นวุ้น ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกับวุ้นที่ได้จากพืชชนิดอื่น คือ มีความสามารถด้านการพองตัวในน้ำได้ที่อุณหภูมิห้องแต่มีข้อเสียเปรียบคือ การคงตัวอยู่ไม่ได้นานเท่ากับวุ้นชนิดอื่น เช่น วุ้นที่ได้จากเมล็ดธัญพืชหรือวุ้นกาแลคโตแมนแนนที่ได้จากสาหร่ายทะเล นอกจากนี้วุ้นกลูโคแมนแนนยังมีผลในเชิงการแพทย์เป็นที่ยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกคือเป็นวุ้นที่ไม่เพิ่มพลังงาน และไม่ถูกย่อยโดยน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร จึงเป็นกากเพิ่มปริมาณรวมอยู่กับอาหารที่ร่างกายย่อยได้ โดยจะเป็นเมื่อคลื่นแทรกตัวอยู่โดยรอบขัดขวางการดูดซึม น้ำตาล โคเลสเตอรอล และโคโรลีสโตรโรลด์ที่จะเข้าสู่กระแสโลหิต ซึ่งจะมีผลในด้านป้องกันบำบัดโรคที่สำคัญหลายชนิดในปัจจุบัน และเมื่อคลื่นของวุ้นกลูโคแมนแนนยังสลายตัวเป็นน้ำช่วยในการระบายของเสีย สารพิษตกค้างในระบบย่อยอาหารออกจากร่างกายได้ดีขึ้น จากเหตุผลดังกล่าวนี้วุ้นกลูโคแมนแนนที่ได้จากบุก จึงมีคุณค่าอย่างยิ่งคือเป็นทั้งอาหาร ยา และอาหารเสริมสุขภาพ ซึ่งกำลังเป็นที่น่าสนใจเสาะแสวงหาของผู้คนทั่วโลก ฉะนั้นความต้องการผลผลิตบุกที่ให้สารชนิดนี้ในอนาคตจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ( มงคล และ อรุณช . 2540 )

#### การแปรรูปผลผลิตและผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรม

หัวบุกเนื้อทรายสามารถนำมาปรุงอาหาร และแปรรูปผลผลิตเชิงอุตสาหกรรมได้หลายระดับ คือ ตั้งแต่ระดับชาวบ้าน โดยชาวเงี้ยว ที่ อ. ชุนยวม จ. แม่ฮ่องสอน จะนำหัวบุกมาปอกเปลือกหั่นเป็นชิ้น ต้มในน้ำซี้ให้สุก แล้วนำมาผัดด้วยน้ำธรรมดา จนเหนียวไม่คัน แล้วจึงนำไปปรุงอาหาร ชาวกะเหรี่ยง ที่ อ. แม่สอด จ. ตาก จะนำหัวบุกมาปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นต้มในน้ำที่เติมน้ำมะขามเปียก หรือ น้ำส้มสายชู จนสุกแล้วนำมาตำ หรือ ปั่นให้ละเอียด แล้วนำมาผัดจนเป็นวุ้นเหนียว แล้วจึงเติมน้ำปูนใสลงไปคนให้เข้ากันทั่ว แล้วเทลงในแบบ จึงนำไปต้มหรือหนึ่งให้สุก จะได้เป็นแท่งวุ้นคล้ายเต้าหู้ หรือ เป็นแผ่นวุ้น นำมาตัดเป็นชิ้น ๆ คล้ายหมูสามชั้น ซึ่งมีวางขายในตลาดสดอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ในช่วงเดือนสิงหาคม - ตุลาคม ของทุกปี ชาวบ้านเรียกว่า "วาอุ" ตามภาษากะเหรี่ยง ( มงคล และ อรุณช . 2540 )

การแปรรูปผลผลิตเป็นวัตถุดิบเบื้องต้นทางอุตสาหกรรม โดยนำหัวบุกสดมาผ่านกระบวนการล้าง ชูดเอาเปลือกออก หรือ ปอกเปลือกแล้วหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ นำไปอบแห้ง หรืออาจจะผ่านขบวนการทางเคมี ป้องกันการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อบุกจากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ และสารเคมีป้องกันการพองตัวของกลูโคแมนแนนในเนื้อบุกเมื่อถูกน้ำ แล้วจึงนำไปอบจนแห้งที่อุณหภูมิ 70 - 80 องศาเซลเซียส จะได้เนื้อบุกแห้งที่ขาวกว่า ซึ่งเนื้อบุกแห้งนี้สามารถส่งจำหน่ายให้กับโรงงานที่มีเครื่องแยกผงกลูโคแมนแนนจากบุกแห้งได้ แต่ต้องทำความเข้าใจก่อน

การดำเนินงานให้แน่นอน เนื่องจากเคยมีปัญหาเกี่ยวกับเชื้อราในบุกแห้งที่เกิดจากการทำแห้ง หรือ การเก็บรักษาบุกแห้งไม่ถูกวิธีก่อนส่งจำหน่าย จนในปัจจุบันโรงงานจะรับซื้อบุกสดแทนการซื้อบุกแห้ง จากเนื้บุกแห้งนี้เมื่อแยกได้ผงกลูโคแมนแนน แล้งจึงนำไปทำความสะอาดโดยล้างด้วย แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ 2 - 3 ครั้ง ก่อนผ่านชบวนกำรทำแห้งอีกครั้ง ซึ่งบุกเนื้อทรายจะให้ผงกลูโคแมนแนนประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของบุกสดซึ่งผงกลูโคแมนแนนที่ได้สามารถส่งจำหน่ายโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์จากบุก ( มงคล และ อรนุช ,2540 )

การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากบุก ปัจจุบันโรงงานในประเทศไทยสามารถทำผลิตภัณฑ์ได้อย่างครบวงจร ทั้งจากหัวบุกสด และจากผงกลูโคแมนแนน จึงมีผลิตภัณฑ์อาหารบุก กึ่งสำเร็จออกจำหน่ายต่างประเทศและในประเทศ เช่น เส้นวุ้นบรรจุในถุง แห้งวุ้น ผงขงดีมบรรจุซองกลั่นผลไม้ และกลูโคแมนแนนบรรจุแคปซูล นอกจากนี้ยังใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเป็นแหล่งใยอาหารในการทำผลิตภัณฑ์อีกหลายชนิด เช่น ไล้กรอก ลูกชิ้น เยลลี่ คุกกี้ พัพ เป็นต้น ( มงคล และ อรนุช , 2540 )



## บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

### 3.1 วัดถุดิบและสารเคมี

#### 3.1.1 วัดถุดิบ

หัวบุกพันธ์น้ำทราย

เนื้อหมู

หนังหมู

แป้งสาลี

แป้งข้าวโพด

แป้งมันสำปะหลัง

เครื่องปรุงต่างๆ

#### 3.1.2 สารเคมี

น้ำปูนใส

Regal base

ผงเพรท

ผงฟอสเฟต

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

### 3.2 อุปกรณ์

เครื่องวัดสี (Color meter)

เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)

เครื่องวัด pH (pH meter)

เครื่องปั่น (Blender)

เครื่องบดเนื้อ

เครื่องนวดผสม (Selent Cutter)

เทอร์มิโมเตอร์ (Thermometer)

บีกเกอร์

### 3.3 วิธีการทดลอง

แบ่งการทดลองเป็น 3 ส่วนคือ การเตรียมเจลบุก การทำผลิตภัณฑ์เหนม และการทำผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น

#### 3.3.1 การเตรียมเจลบุก

โดยมีขั้นตอนการเตรียมดังภาพที่ 7 และทำการทดลองดังนี้

ก. ความเข้มข้นของน้ำปูนใสที่ใช้ในขั้นตอนการบดผสม

ใช้น้ำปูนใสที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 50,75,100,125 กรัม/ลิตร ปริมาณน้ำปูนใสที่ใช้เท่ากับ 2 เท่าของปริมาณ กรัมบุกสด (มิลลิลิตร) หลังนำออกจากพิมพ์นำไปต้มในน้ำปูนใสความเข้มข้น 50 กรัม/ลิตร นาน 10 นาที

ข. สภาพการเตรียมเจลบุกหลังนำออกมาจากพิมพ์

- นำเจลบุกไปแช่ในน้ำปูนใส 30 นาที
- นำเจลบุกไปต้มในน้ำปูนใส 10 นาที
- นำเจลบุกตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสเปรียบเทียบกับ

สองสภาวะแรกใช้น้ำปูนความเข้มข้น 50 กรัม/ลิตร โดยใช้น้ำปูนใสในขั้นตอนการบดผสม 100 กรัม/ลิตร ตรวจสอบความแข็งแรงของเจลบุกโดยใช้การวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer ใช้หัววัดแบบ spherical probe 0.5 stainless p/0.5s โดยใช้เจลบุกขนาด 1 ลูกบาศก์นิ้ว วัดค่าสีด้วยเครื่อง color meter :Minolta โดยวัดในระบบ Hunter แล้วแสดงผลในรูป L,a,b ซึ่งค่า L หมายถึงค่าความสว่างหรือความขาว ค่า a เป็นบวกคืออยู่ภายใต้อิทธิพลของสีแดง ค่า a เป็นลบ คืออยู่ภายใต้อิทธิพลของสีเขียว ค่า b เป็นบวกคืออยู่ภายใต้อิทธิพลของสีเหลือง ค่า b เป็นลบ คืออยู่ภายใต้อิทธิพลของสีน้ำเงิน ในการทดลอง จะทำการวัดสีเปรียบเทียบกับวัตถุคิบคือหัวบุกสด และมีการทดสอบความคั้นในเจลบุกโดยใช้วิธีชิม



ภาพที่ 6 : หัวบุกพันธุ์เนื้อทราย

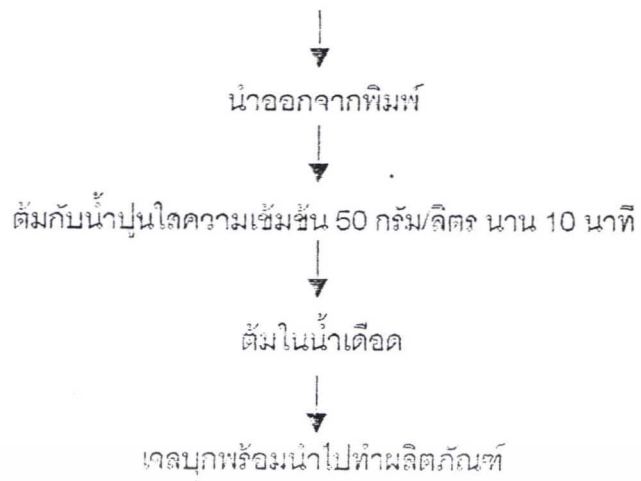
บกลดพันธุ์เนื้อทราย

หั่นเป็นชิ้นบางๆ

ต้มในน้ำเดือดนาน 30 นาที

นำเฉพาะเนื้อบุกมาบดผสมกับน้ำปูนใสที่ความเข้มข้นต่างๆ ด้วยเครื่องปั่น

เทลงพิมพ์ รอให้เจล Set ตัว



ภาพที่ 7 : ขั้นตอนการเตรียมเจลบุก



ภาพที่ 8 : เจลจากบุก



ภาพที่ 9 : เครื่องวัดสี Color meter (Minolta)

### 3.3.2 การทำผลิตภัณฑ์แทนมจากเจลบุก

จากผลการทดลองในการเตรียมเจลบุก จะได้เจลบุกพร้อมที่จะนำไปทำผลิตภัณฑ์แทนม โดยมีขั้นตอนการทำแทนมดังนี้

- เนื้อหมู (ติดมันน้อยที่สุด) ไม่ต้องล้างน้ำ นำไปบด 2 ครั้ง
- เติมน้ำมัน ผงเพรก ผงชูรส และ Regal base ลงไป และนวดจนเหนียวเข้ากัน
- นำข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้ามาคลุกผสมกับกระเทียมที่ตำพอแตก
- นำข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้าที่คลุกกับกระเทียมมาผสมกับหนังหมูที่หั่นให้เข้ากัน
- นำส่วนที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 ไปผสมกับส่วนที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 แล้วนวดให้เข้ากัน
- นำไปบรรจุในถุงพลาสติก มัดให้แน่นอย่าให้มีอากาศภายใน หมักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 4 วัน

ทำการทดลองดังนี้

ก. การศึกษาการนำเจลบุกทดแทนส่วนผสมในแทนม

- เจลบุกแทนเนื้อหมู
- เจลบุกแทนหนังหมู

โดยทดแทนในปริมาตร 50,70 และ 100 % นำผลิตภัณฑ์แทนมที่ได้มาเปรียบเทียบกัน

ข. การศึกษาปริมาณเจลบุกทดแทนหนังหมูในแหนม

- ใช้ข้าวเหนียวเป็นแหล่งคาร์บอน
- ใช้ข้าวเจ้าเป็นแหล่งคาร์บอน

โดยทดแทนในปริมาณ 70,100 และ 150 % นำไปเปรียบเทียบกับแหนมที่ใช้ส่วนผสมปกติ ทำการตรวจสอบ สี กลิ่น รส ความเป็นกรดต่าง (pH) และวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดของแหนมทุกวัน และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแหนมที่ทำการหมักเป็นระยะเวลา 4 วัน โดยใช้ผู้ชิม จำนวน 20 คน ทดสอบแบบ Hedonic scale ใช้คะแนนการยอมรับจาก 1-9 คะแนน โดยคะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบ และคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยแหนมจะนำมาทำให้สุกก่อนที่จะทดสอบ วิธีการทำให้สุกมี 2 แบบคือ การใช้ไมโครเวฟ และการทอด ซึ่งจะนำผลทดสอบทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบกัน

### 3.3.3 การทำผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นจากเจลบุก

จากผลการทดลองในการเตรียมเจลบุก จะได้เจลบุกพร้อมที่จะนำไปทำผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น โดยมีขั้นตอนการทำลูกชิ้นดังนี้

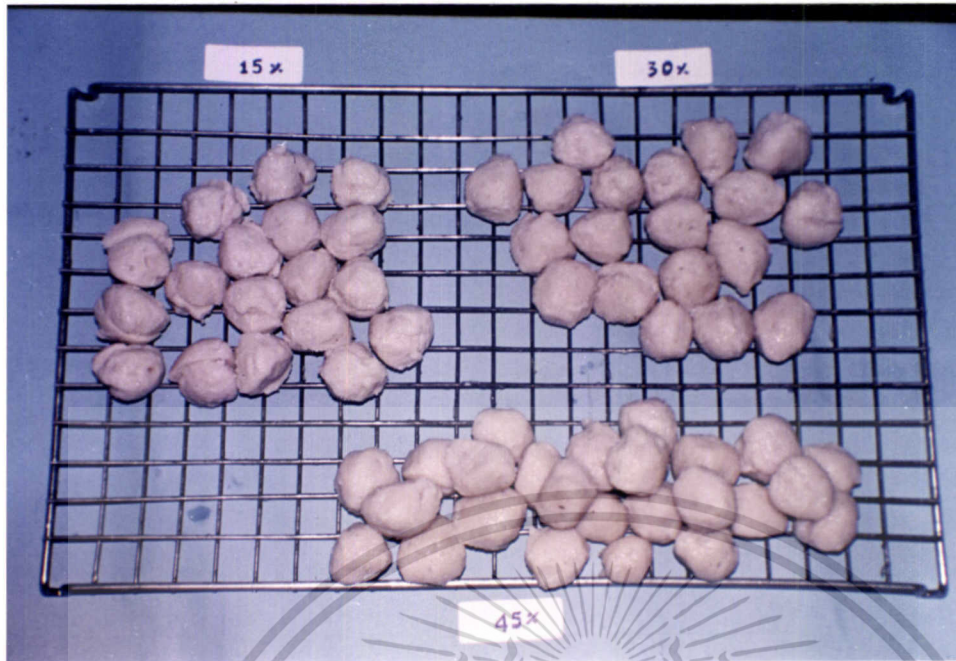
เตรียมส่วนผสมทั้งหมดให้พร้อมตามสูตรทดลอง บดเนื้อหมูแล้วผสมเครื่องปรุง เข้าเครื่องปั่น นวดจนได้เป็นมวลเหนียว ขึ้นรูปแล้วต้มในน้ำอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เมื่อลอยนำไปต้มในน้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แล้วนำไปแช่ในน้ำเย็น ยกขึ้นให้สะเด็ดน้ำ ได้เป็นลูกชิ้นเจลบุก ทำการทดลองดังนี้

ก. การศึกษาชนิดของแป้งที่เหมาะสมกับเจลบุก

นำเจลบุกไปบดผสมกับแป้งชนิดต่างๆ โดยใช้แป้งในอัตราส่วน 10 % และใช้ปริมาณเจลบุกแทนเนื้อหมู 100 % โดยแป้งที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

- แป้งมันสำปะหลัง
- แป้งข้าวโพด
- แป้งสาลี
- แป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งสาลี
- แป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งข้าวโพด
- แป้งสาลีผสมกับแป้งข้าวโพด

ตรวจสอบความแข็งและสีของลูกชิ้นที่ได้



ภาพที่ 10 : ลูกชิ้นเจดบุกทดแทนเนื้อหมูที่ระดับต่างๆ



ภาพที่ 11 : เครื่อง Texture Analyzer

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการทดลองการเตรียมเจลบุก

##### 4.1.1 การศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำปูนใสที่ใช้ในขั้นตอนการบดผสม

##### ก. ผลการวัดเนื้อสัมผัส

ผลของการวัดเนื้อสัมผัสของเจลบุก ที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำปูนใสในขั้นตอนการบดผสม ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยหลังจากพืมนำไปต้มในน้ำปูนใสความเข้มข้น 50 กรัม/ลิตร นาน 10 นาที แสดงผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวัดเนื้อสัมผัสของเจลบุกเมื่อนำน้ำปูนใสที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

| ปูน (กรัม) / น้ำ 1 ลิตร | Maximum force (g)  |
|-------------------------|--------------------|
| 50                      | 182.7 <sup>c</sup> |
| 75                      | 205.5 <sup>b</sup> |
| 100                     | 229.2 <sup>a</sup> |
| 125                     | 177.1 <sup>c</sup> |

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

### ข. ผลการวัดค่าสี

ผลของการวัดค่าสีของเจลบุกที่ใช้น้ำปูนใสในขั้นตอนการบดผสมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยหลังนำออกจากพิมพ์ นำไปต้มในน้ำปูนใสความเข้มข้น 50 กรัม/ลิตร นาน 10 นาที แสดงผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวัดค่าสีของเจลบุกหลังนำไปต้มในน้ำปูนเมื่อใช้น้ำปูนใสในขั้นตอนบดผสมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

| ความเข้มข้นน้ำปูนใส (กรัม/ลิตร) | L average          | a average         | b average         |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 50                              | 42.78 <sup>a</sup> | 2.65 <sup>a</sup> | 5.17 <sup>a</sup> |
| 75                              | 40.58 <sup>a</sup> | 4.25 <sup>a</sup> | 5.22 <sup>a</sup> |
| 100                             | 40.13 <sup>a</sup> | 4.03 <sup>b</sup> | 5.03 <sup>a</sup> |
| 125                             | 41.11 <sup>a</sup> | 2.09 <sup>b</sup> | 5.31 <sup>a</sup> |

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

### ค. ผลการทดสอบความคั้น

เจลบุกที่เตรียมได้จากน้ำปูนใสที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เมื่อนำมาชิม แสดงผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลของความเข้มข้นน้ำปูนใสที่ระดับต่างๆ ที่มีผลต่อความคั้นในเจลบุก

| ปูน (กรัม) / น้ำ 1 ลิตร | รสชาติของเจลบุก               |
|-------------------------|-------------------------------|
| 50                      | มีความคั้น ไม่มีรสฝาด         |
| 75                      | มีความคั้นเล็กน้อย ไม่มีรสฝาด |
| 100                     | ไม่มีความคั้น ไม่มีรสฝาด      |
| 125                     | ไม่มีความคั้น มีรสฝาดเล็กน้อย |

#### 4.1.2 การศึกษาสภาวะในการเตรียมเจลบุกหลังนำออกจากพิมพ์

ผลของวิธีการเตรียมเจลบุกหลังนำออกจากพิมพ์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลบุกที่สภาวะต่างๆ โดยใช้ความเข้มข้นน้ำปูนใสในขั้นตอนการบดผสม 100 กรัม/ลิตร แสดงผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลของสภาวะต่างๆในการเตรียมเจลบุกหลังนำออกจากพิมพ์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลบุก

| สภาวะการเตรียมเจล                | ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลบุก |
|----------------------------------|----------------------------|
| แช่ในน้ำปูน 50 กรัม/ลิตร 30 นาที | เจลมีความแข็งปานกลาง       |
| ต้มในน้ำปูน 50 กรัม/ลิตร 10 นาที | เจลมีความแข็งมากที่สุด     |
| ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง       | เจลมีความแข็งน้อยที่สุด    |

#### 4.2 ผลิตภัณฑ์แทนมจากเจลบุก

##### 4.2.1 การศึกษาการนำเจลบุกทดแทนส่วนผสมในแทนม

ผลของการนำเจลบุกไปทดแทนส่วนผสมที่เป็นหนังหมู และส่วนที่เป็นเนื้อหมูที่ปริมาณ 50,70 และ 100 % ต่อลักษณะปรากฏของแทนมแสดงผลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการนำเจลบุกไปทดแทนส่วนผสมในแทนมต่อคุณภาพของแทนม

| ส่วนผสมที่ถูกทดแทน | คุณภาพของแทนม                        |                                      |                                      |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                    | ปริมาณเจลบุกที่ทดแทน                 |                                      |                                      |
|                    | 50 %                                 | 70 %                                 | 100 %                                |
| เจลบุกแทนเนื้อหมู  | ผสมเป็นเนื้อเดียว<br>เกิดกลิ่นหมัก   | ผสมเป็นเนื้อเดียว<br>เกิดกลิ่นหมัก   | ผสมเป็นเนื้อเดียว<br>เกิดกลิ่นหมัก   |
| เจลบุกแทนหนังหมู   | ไม่เป็นเนื้อเดียว<br>มีกลิ่นเหม็นบูด | ไม่เป็นเนื้อเดียว<br>มีกลิ่นเหม็นบูด | ไม่เป็นเนื้อเดียว<br>มีกลิ่นเหม็นบูด |

#### 4.2.2 การศึกษาปริมาณเจลบุกที่ใช้แทนหนังหมูในแฮม

ผลของปริมาณเจลบุกที่ใช้แทนหนังหมูที่ปริมาณ 70, 100 และ 150% ต่อลักษณะปรากฏ สี และกลิ่นรสของแฮมโดยใช้ข้าวเจ้าและข้าวเหนียวเป็นแหล่งคาร์บอน เปรียบเทียบกับแฮมที่ใช้ส่วนผสมตามปกติ แสดงผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลของปริมาณเจลบุกทดแทนหนังหมูที่มีต่อลักษณะปรากฏสีและกลิ่นรสของแฮม

| ตัวอย่าง                           | ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส                          |                                   |  |                             |
|------------------------------------|--|-----------------------------------|--|-----------------------------|
|                                    | วันที่ 1   | วันที่ 2                          | วันที่ 3                                       | วันที่ 4                    |
| 1.แฮม control ข้าวเจ้า             | แห้ง ไม่มีน้ำ<br>เยิ้ม                           | แห้ง มีน้ำ<br>เล็กน้อย ดี         | กลิ่นไม่แรง                                    | กลิ่นไม่<br>แรงมาก          |
| 2.แฮม control ข้าวเหนียว           | แห้ง กลิ่น<br>กระเทียม<br>แรงมาก                 | แห้ง กลิ่นดี                      | กลิ่นไม่แรง<br>เกินไป สี<br>เข้มทอๆ<br>กับ (1) |                             |
| 3.แฮมข้าวเจ้า เจลบุกแทนหนัง 150 %  | น้ำเยิ้มมาก<br>กลิ่นรุนแรง                       | น้ำมากที่<br>สุด                  | กลิ่นแรง สี<br>ใกล้เคียง<br>กับ (4)            | กลิ่นแรง<br>และมีน้ำ<br>มาก |
| 4.แฮมข้าวเจ้า เจลบุกแทนหนัง 100 %  | น้ำเยิ้มมาก<br>กลิ่นรุนแรง                       | สีอ่อน<br>กว่า(5) น้ำ<br>เยอะมาก  | กลิ่นและสี<br>อ่อนกว่า<br>(5)                  | มีน้ำค่อนข้าง<br>มาก        |
| 5.แฮมข้าวเจ้า เจลบุกแทนหนัง 70 %   | ไม่เยิ้ม   | น้ำไม่เยอะ<br>มาก                 | กลิ่นแรง                                       | กลิ่นค่อนข้าง<br>ข้างแรง    |
| 6.แฮมข้าวเหนียว เจลบุกแทนหนัง 150% | มีน้ำเยิ้ม<br>กลิ่นน้อย<br>กว่า (7)              | น้ำเยอะ สี<br>อ่อนกว่า (7<br>) สี | กลิ่นแรง สี<br>ต่างจาก<br>(7)และ(8)            | กลิ่นแรง                    |
| 7.แฮมข้าวเหนียวเจลบุกแทนหนัง 100 % | มีน้ำเยิ้ม<br>น้อยกว่า 8<br>กลิ่นหมัก<br>มากกว่า | กลิ่นแรง สี<br>อ่อนกว่า<br>(8)    | กลิ่นแรง                                       | กลิ่นแรง                    |
| 8.แฮมข้าวเหนียว เจลบุกแทนหนัง 70 % | มีน้ำเยิ้มมาก                                    | กลิ่นไม่แรง<br>น้ำเยอะ            | กลิ่นแรง<br>มาก                                | กลิ่นแรง                    |

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแฮมที่ใช้เจลบุกทดแทนหนังหมูที่ปริมาณ 70, 100 และ 150 % และใช้ข้าวเหนียวกับข้าวเจ้าเป็นแหล่งคาร์บอน โดยนำไปผ่านการทำให้สุกในไมโครเวฟ และการทอด แสดงผลดังตารางที่ 10 และ 11

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแฮมซึ่งผ่านการทำให้สุกโดยไมโครเวฟ ที่ใช้เจลบุกทดแทนหนังหมูที่ระดับต่างๆ

| เปอร์เซ็นต์<br>เจลบุก<br>ในแฮม | คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส |                   |                    |                    |                    |                    |                   |                   |                   |                   |
|--------------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                | สี                       |                   | กลิ่น              |                    | รส                 |                    | เนื้อสัมผัส       |                   | ความชอบรวม        |                   |
|                                | ข้าว<br>เหนียว           | ข้าวเจ้า          | ข้าว<br>เหนียว     | ข้าวเจ้า           | ข้าว<br>เหนียว     | ข้าวเจ้า           | ข้าว<br>เหนียว    | ข้าวเจ้า          | ข้าว<br>เหนียว    | ข้าวเจ้า          |
| 70                             | 5.30 <sup>a</sup>        | 5.15 <sup>a</sup> | 5.45 <sup>a</sup>  | 4.30 <sup>c</sup>  | 5.15 <sup>a</sup>  | 4.65 <sup>ab</sup> | 4.40 <sup>a</sup> | 3.90 <sup>a</sup> | 4.95 <sup>a</sup> | 4.55 <sup>a</sup> |
| 100                            | 3.70 <sup>a</sup>        | 4.45 <sup>a</sup> | 4.45 <sup>ac</sup> | 4.20 <sup>c</sup>  | 4.60 <sup>ab</sup> | 4.65 <sup>ab</sup> | 4.20 <sup>a</sup> | 4.15 <sup>a</sup> | 4.05 <sup>a</sup> | 4.20 <sup>a</sup> |
| 150                            | 3.25 <sup>a</sup>        | 3.80 <sup>a</sup> | 3.95 <sup>b</sup>  | 4.15 <sup>oc</sup> | 4.25 <sup>ab</sup> | 4.10 <sup>b</sup>  | 4.25 <sup>a</sup> | 3.65 <sup>a</sup> | 3.90 <sup>b</sup> | 3.90 <sup>b</sup> |

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแฮมซึ่งผ่านการทำให้สุกโดยการนำไปทอด ที่ใช้เจลบุกทดแทนหนังหมูที่ระดับต่างๆ

| เปอร์เซ็นต์<br>เจลบุก<br>ในแฮม | คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส |                   |                   |                   |                   |                   |                    |                   |                   |                   |
|--------------------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                | สี                       |                   | กลิ่น             |                   | รส                |                   | เนื้อสัมผัส        |                   | ความชอบรวม        |                   |
|                                | ข้าว<br>เหนียว           | ข้าวเจ้า          | ข้าว<br>เหนียว    | ข้าวเจ้า          | ข้าว<br>เหนียว    | ข้าวเจ้า          | ข้าว<br>เหนียว     | ข้าวเจ้า          | ข้าว<br>เหนียว    | ข้าวเจ้า          |
| 70                             | 6.10 <sup>a</sup>        | 6.05 <sup>a</sup> | 5.65 <sup>a</sup> | 5.60 <sup>a</sup> | 5.10 <sup>a</sup> | 5.95 <sup>a</sup> | 4.95 <sup>a</sup>  | 5.65 <sup>a</sup> | 5.40 <sup>a</sup> | 6.15 <sup>a</sup> |
| 100                            | 5.35 <sup>b</sup>        | 5.80 <sup>c</sup> | 5.15 <sup>a</sup> | 5.05 <sup>a</sup> | 5.00 <sup>a</sup> | 5.15 <sup>a</sup> | 4.40 <sup>b</sup>  | 4.35 <sup>c</sup> | 5.15 <sup>a</sup> | 5.35 <sup>a</sup> |
| 150                            | 4.90 <sup>d</sup>        | 5.05 <sup>c</sup> | 4.60 <sup>a</sup> | 4.90 <sup>a</sup> | 4.60 <sup>a</sup> | 4.90 <sup>a</sup> | 5.50 <sup>oc</sup> | 4.45 <sup>c</sup> | 5.25 <sup>a</sup> | 5.30 <sup>a</sup> |

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

### 4.3 ผลกระทบที่ลุกขึ้นจากเจลบุก

#### 4.3.1 การศึกษาชนิดของแป้งที่เหมาะสมกับเจลบุก

ผลของชนิดของแป้งต่อความแข็งและสีของลูกขึ้นซึ่งใช้เจลบุกแทนเนื้อหมู 100 % โดยเปรียบเทียบความแข็งและความเข้มของสีจากมากไปหาน้อย ใน 2 กลุ่มตัวอย่าง คือกลุ่มแป้งที่ไม่ได้ผสมกับแป้งที่ผสม แสดงผลดังตารางที่ 12 และ 13

#### ตารางที่ 12 ผลของชนิดของแป้งที่มีต่อความแข็งของลูกขึ้น

| ชนิดของแป้ง                   | อันดับความแข็ง |
|-------------------------------|----------------|
| แป้งมันสำปะหลัง               | 6              |
| แป้งข้าวโพด                   | 1              |
| แป้งลาลี                      | 5              |
| แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวโพด | 3              |
| แป้งลาลีผสมแป้งข้าวโพด        | 2              |
| แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งลาลี    | 4              |

#### ตารางที่ 13 ผลของชนิดของแป้งที่มีต่อสีของลูกขึ้น

| ชนิดของแป้ง                   | อันดับความเข้มของสี |
|-------------------------------|---------------------|
| แป้งมันสำปะหลัง               | 1                   |
| แป้งข้าวโพด                   | 2                   |
| แป้งลาลี                      | 3                   |
| แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งลาลี    | 3                   |
| แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวโพด | 1                   |
| แป้งลาลีผสมแป้งข้าวโพด        | 2                   |

#### 4.3.2 การศึกษาปริมาณเจลบุกที่ใช้แทนเนื้อหมูในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น

ผลของปริมาณเจลบุกที่ใช้แทนเนื้อหมูในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่ปริมาณ 30,50 และ60 % ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้น โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสม แสดงผลดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลของปริมาณเจลบุกใช้แทนเนื้อหมูที่ระดับต่างๆ ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้น

| ปริมาณเจลบุกแทนเนื้อหมู( %) | ลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้น |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 30                          | แข็งที่สุด                  |
| 50                          | นิ่ม                        |
| 60                          | นิ่มจนและ                   |

#### 4.3.3 การศึกษาผลของปริมาณแป้งที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นมี ใช้เจลบุกแทนเนื้อหมู 30 %

ผลของปริมาณแป้งที่ระดับต่างๆ คือ 1,7 และ 15 % โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสม และใช้เจลบุกแทนเนื้อหมู 30 % ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้น แสดงผลดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลของปริมาณแป้งที่ระดับต่างๆ ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นเมื่อใช้เจลบุกแทนเนื้อหมู 30 %

| ปริมาณแป้งในลูกชิ้น (%) | ลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้น |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1                       | แข็งน้อยที่สุด              |
| 7                       | แข็งปานกลาง                 |
| 15                      | แข็งมากที่สุด               |

#### 4.3.4 การศึกษาผลของปริมาณแป้งที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น เมื่อใช้เจลบุกแทนเนื้อหมู 50 %

ผลของปริมาณแป้งที่ระดับต่างๆ คือ 15,30 และ 45 % โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสม และใช้เจลบุกแทนเนื้อหมู 50 % ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้น แสดงผลดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลของปริมาณแป้งที่ระดับต่างๆต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นเมื่อใช้เจลบุกแทนเนื้อหมู 50 %

| ปริมาณแป้งในลูกชิ้น (%) | ลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้น |
|-------------------------|-----------------------------|
| 15                      | แข็งน้อยที่สุด              |
| 30                      | แข็งปานกลาง                 |
| 45                      | แข็งมากที่สุด               |

ผลการวัดเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นที่ใช้แป้งมันสำปะหลังในปริมาณต่างๆ โดยใช้เจลบุกแทนเนื้อหมู 50 % เปรียบเทียบกับลูกชิ้นตามท้องตลาด แสดงผลดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลการวัดเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นที่ใช้ปริมาณแป้งในระดับต่างๆ เปรียบเทียบกับลูกชิ้นตามท้องตลาด

| ตัวอย่าง                      | Maximum force (g)    |
|-------------------------------|----------------------|
| ลูกชิ้นเนื้อวัว               | 4706.7 <sup>a</sup>  |
| ลูกชิ้นกุ้ง                   | 2408.5 <sup>cd</sup> |
| ลูกชิ้นหมู (ทั่วไป)           | 3896.9 <sup>ab</sup> |
| ลูกชิ้นหมู (ทดลอง)            | 2669.1 <sup>cd</sup> |
| ลูกชิ้นเจลบุกแทนเนื้อหมู 50 % |                      |
| เพิ่มแป้งมันเป็น 15 %         | 1530.8 <sup>d</sup>  |
| เพิ่มแป้งมันเป็น 30 %         | 1722.3 <sup>cd</sup> |
| เพิ่มแป้งมันเป็น 45 %         | 2787.4 <sup>bc</sup> |

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นที่ใช้เจลบุกแทนเนื้อหมู 30 และ 50 % โดยใช้แป้งมันสำปะหลังในปริมาณต่างๆ แสดงผลดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นเจลบุก

| สูตรลูกชิ้น<br>เจลบุก  | คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส |                    |                   |                   |                   |
|------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                        | สี                       | กลิ่น              | รส                | เนื้อสัมผัส       | ความชอบรวม        |
| เจลบุก 30%<br>แป้ง 15% | 6.15 <sup>a</sup>        | 6.85 <sup>a</sup>  | 5.60 <sup>a</sup> | 5.35 <sup>a</sup> | 6.15 <sup>a</sup> |
| เจลบุก 50%<br>แป้ง 15% | 6.35 <sup>a</sup>        | 6.40 <sup>b</sup>  | 6.15 <sup>a</sup> | 5.55 <sup>a</sup> | 6.30 <sup>a</sup> |
| เจลบุก 50%<br>แป้ง 30% | 5.85 <sup>a</sup>        | 5.65 <sup>c</sup>  | 5.50 <sup>a</sup> | 5.35 <sup>a</sup> | 5.80 <sup>a</sup> |
| เจลบุก 50%<br>แป้ง 45% | 5.55 <sup>a</sup>        | 5.80 <sup>cd</sup> | 5.65 <sup>a</sup> | 5.35 <sup>a</sup> | 5.73 <sup>a</sup> |

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 การศึกษาการเตรียมเจลบุก

พบว่า เจลบุกที่เตรียมจากน้ำปูนใสความเข้มข้น 100 กรัม/ลิตร ให้ค่า Maximum force สูงที่สุด และจะได้ค่าสีมากที่สุด ซึ่งหมายความว่ามีความเข้มข้นของสีต่ำสุด ในด้านความคั้นก็ถูกกำจัดออกไปได้หมด และไม่ทำให้เกิดรสฝาดในเจลบุก ส่วนสภาวะในการเตรียมเจลบุกหลังจากนำออกจากพิมพ์ นำไปต้มในน้ำปูนใสความเข้มข้น 50 กรัม/ลิตร นาน 10 นาที จะให้เจลบุกที่มีลักษณะแข็งที่สุด ในสภาวะการเตรียมทั้ง 3 สภาวะ

#### 5.2 ผลิตกัณฑ์แหนมจากเจลบุก

##### 5.2.1 การนำเจลบุกไปทดแทนส่วนผสมในแหนม

เมื่อนำเจลบุกไปทดแทนเนื้อหมูในแหนม ลักษณะของแหนมที่ได้จะไม่รวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันเมื่อนำไปบรรจุจะทำให้มีอากาศอยู่ภายใน ซึ่งจุลินทรีย์สามารถใช้ในการเจริญเติบโตได้ แหนมที่ได้จากการหมักจึงเกิดกลิ่นเหม็นบูด ส่วนในการนำไปทดแทนหนังหมู แหนมที่ได้จะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อนำไปบรรจุแล้วทำการหมัก จะได้แหนมที่มีกลิ่นหมักเหมือนแหนมทั่วไป

##### 5.2.2 การใช้เจลบุกไปทดแทนหนังหมู

ก. จากผลการทดลองในขั้นแรก ทำให้ทราบว่าควรจะนำเจลบุกไปทดแทนส่วนที่เป็นหนังหมูในแหนม โดยปริมาณเจลบุกที่ใช้แทนหนังหมู 70 % จะได้แหนมที่มีลักษณะปรากฏที่ดี

ข. แหนมที่ใช้เจลบุกทดแทน พบว่า pH จะลดลงเร็วกว่าแหนมที่ใช้ส่วนผสมตามปกติ โดย pH ของแหนมปกติจะอยู่ในระดับ 4.45-4.55 ซึ่งเหมาะสมในการนำมาบริโภค โดยระยะเวลาที่ใช้ในการหมักประมาณ 3 วัน ส่วนแหนมที่ใช้เจลบุกทดแทนหนังหมูนั้นใช้ระยะเวลาเพียง 2 วัน ก็จะได้ค่า pH ที่เหมาะสมในการบริโภค

ค. แหนมที่ใช้เจลบุกทดแทนพบว่าจะมีปริมาณกรดสูงกว่าแหนมที่ใช้ส่วนผสมปกติ ซึ่งทำให้แหนมที่ได้มีความเปรี้ยวสูงกว่าแหนมปกติในระยะเวลาการหมักที่เท่ากัน ดังนั้นปริมาณความเป็นกรดที่เหมาะสมของแหนมเจลบุกจะต้องใช้ระยะเวลาการหมักสั้นกว่าแหนมปกติ

ง. การทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า แหนมที่ใช้เจลบุกทดแทนหนังหมู 70 % และใช้ข้าวเจ้าเป็นแหล่งคาร์บอน และนำไปทำให้สุกโดยผ่านการทอด ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด

### 5.3 ผลผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นจากบุก

#### 5.3.1 ชนิดของแป้งที่เหมาะสมกับเจลบุก

แป้งที่เหมาะสมกับเจลบุก เมื่อนำไปใช้ร่วมกันจะทำให้เจลบุกมีความแข็งแรงมากขึ้น คือแป้งข้าวโพดโดยใช้เจลบุกทดแทนเนื้อหมู 100 % แต่ในการทำผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นมีส่วนผสมทั้งเนื้อหมูและเจลบุกซึ่งทำให้การยึดเกาะดีขึ้น ชนิดของแป้งที่ใช้เป็นส่วนผสม ให้ลูกชิ้นที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกัน จึงใช้แป้งมันสำปะหลังแทน เพราะว่าแป้งมันสำปะหลังมีราคาถูกลงกว่าแป้งข้าวโพดมาก

#### 5.3.2 ปริมาณของเจลบุกที่เหมาะสมในการทดแทนเนื้อหมูในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น

พบว่า เจลบุก 30 % จะให้ลูกชิ้นที่มีความแข็งแรงมากกว่าใช้เจลบุก 50 และ 60 %

#### 5.3.3 ผลของปริมาณแป้งต่อความแข็งของลูกชิ้น

จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าสามารถเพิ่มปริมาณเจลบุกให้มากถึง 50 % ได้ โดยเพิ่มปริมาณแป้งให้เป็น 45 % และสัดส่วนนี้ได้รับการยอมรับจากผู้ชิม เนื่องจากปริมาณแป้งที่มากขึ้น จะช่วยปรับปรุงลักษณะปรากฏให้ดีขึ้น

### ข้อเสนอแนะ

1. การปรับปรุงกระบวนการเตรียมเจลบุกตั้งแต่ขั้นตอนการผสมปูน ให้มีความสะดวกมากขึ้น และลดปัญหาคราบปูนที่เกาะติดเจลบุก
2. สีของเจลบุกอาจแตกต่างกันได้ เนื่องจากวัตถุดิบมีความแตกต่างกัน ปริมาณของน้ำที่ใช้ในการต้มบุกก็มีผลต่อสีของเจลบุกด้วย
3. ควรศึกษาการวัดเนื้อสัมผัสเจลบุกว่าควรใช้การเตรียมเจลอย่างไร การเลือกหัววัดที่เหมาะสม และการตั้งค่าในการวัด มีผลต่อการตัดสินใจในการเลือกความเข้มข้นของน้ำปูนใสที่นำมาใช้เป็นอย่างมาก

4. การนำเจลบุกมาทดแทนหนังหมูในผลิตภัณฑ์แหนม ต้องระมัดระวังในการบรรจุ ส่วนผสมทุกอย่างควรวัดให้เข้ากันมากที่สุด โดยเจลบุกที่อุ้มน้ำไว้มากทำให้มีผลต่อปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์แหนมและมีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดด้วย
5. สีของผลิตภัณฑ์แหนมจากเจลบุกจะมีสีที่อ่อนกว่าแหนมปกติ อาจต้องปรับปรุงเรื่องปริมาณผงเพรก และศึกษาผลของสีของวัตถุดิบ เมื่อผ่านกระบวนการเตรียมเจลบุก
6. สัดส่วนของเจลบุกที่ใช้ในการทำลูกชิ้นควรจะทำการทดลองในช่วงที่ละเอียดกว่านี้ รวมถึงปริมาณแป้งที่จะใช้เพื่อปรับปรุงลักษณะต่างๆ



## เอกสารอ้างอิง

- บุปผา เตชะภัทรพร. 2535. การสกัดผงบุกจากหัวบุกและการเตรียมผลิตภัณฑ์เจล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มงคล เกษประเสริฐ และอรุณ เกษประเสริฐ. 2540. การผลิตบุกเนื้อทรายหรือบุกเพื่อการอุตสาหกรรมที่ครบวงจร. กองพฤกษศาสตร์และวัชพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 19 น.
- เสาวภา บุรณวัฒน์นาโชค. 2540. ผลิตภัณฑ์จากแป้งบุก. สัมมนาปริญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 24น.
- หรรษา จักรพันธ์ ฤณ อยุธยา และอรุณ เกษประเสริฐ. 2532. พืชสมุนไพร-พืชหอม. เอกสารวิชาการเล่มที่ 1. กองพฤกษศาสตร์และวัชพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 109น.
- Smith , F and H.C. Srivarata, 1959. Constitution Studies on the Glucomannan of Konjac Flour. JAOCS 81:1715-1718.
- Shimizu Chemical Industries Co.,Ltd. 1983. A Healthy View of Healthier Future with Glucomannan. Shimizu Chemical Industries Co.,Ltd. Kihara-Cho, Mihara-shi, Horoshima-Ken. 3622, 729-03.Japan.1-21p.
- Sugiyama,N. and Shimahara,H. 1974. Konjac mannan. US



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก  
ผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสและการวิเคราะห์ทางสถิติของเจลบุกที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำปูนใสที่  
ระดับต่างๆ



ตารางผนวกที่ 1 ค่าแรงกดสูงสุดของเจลบุกที่ใช้ น้ำปูนใสความเข้มข้นระดับต่างๆ

| ปูน<br>(กรัม)/น้ำ 1 ลิตร | Maximum Force (g) |            |            |            |
|--------------------------|-------------------|------------|------------|------------|
|                          | ครั้งที่ 1        | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 4 |
| 50                       | 190.3             | 167.9      | 179.2      | 193.5      |
| 75                       | 203.4             | 200.6      | 215.5      | 202.5      |
| 100                      | 238.3             | 225.7      | 222.5      | 230.4      |
| 125                      | 169.4             | 171.8      | 179.2      | 188.0      |

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของการวัดเนื้อสัมผัสเจลบุกที่ใช้ความเข้มข้นน้ำปูนใสที่ระดับต่างๆ

| Source    | df | SS      | MS      | F cal              |
|-----------|----|---------|---------|--------------------|
| Treatment | 3  | 6799.04 | 2266.35 | 34.86**            |
| Block     | 3  | 314.870 | 104.960 | 1.61 <sup>NS</sup> |
| Error     | 9  | 585.230 | 65.0200 |                    |
| Total     | 15 | 7694.14 |         |                    |

\*\* แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

NS แสดงว่าค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ภาคผนวก ข  
ผลการวิเคราะห์ค่าสีทางสถิติของเจลบุกที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำปูนใสที่ระดับต่างๆ



ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของค่า L ของเจลบุกหลังต้ม

| SOV       | df | SS    | MS   | F                  |
|-----------|----|-------|------|--------------------|
| Treatment | 3  | 12.1  | 4.03 | 2.18 <sup>NS</sup> |
| Block     | 2  | 0.42  | 0.21 | 0.11 <sup>NS</sup> |
| Error     | 6  | 11.11 | 1.85 |                    |
| Total     | 11 | 23.63 |      |                    |

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของค่า a ของเจลบุกหลังต้ม

| SOV       | df | SS    | MS   | F                  |
|-----------|----|-------|------|--------------------|
| Treatment | 3  | 9.91  | 3.30 | 30**               |
| Block     | 2  | 0.30  | 0.15 | 1.36 <sup>NS</sup> |
| Error     | 6  | 0.64  | 0.11 |                    |
| Total     | 11 | 10.85 |      |                    |

\*\* หมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

NS หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของค่า b ของเจลบุกหลังต้ม

| SOV       | df | SS   | MS   | F                  |
|-----------|----|------|------|--------------------|
| Treatment | 3  | 0.12 | 0.04 | 0.14 <sup>NS</sup> |
| Block     | 2  | 2.90 | 1.45 | 5.27*              |
| Error     | 6  | 1.65 | 0.27 |                    |
| Total     | 11 | 4.67 |      |                    |

\* หมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

NS หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

The seal of the National Library of Thailand is a circular emblem. It features a central sunburst with a sun in the middle, flanked by two traditional Thai stupas. Below the sunburst is a large, ornate Thai umbrella (parasol). The entire emblem is surrounded by a decorative border. The text around the border reads "๒๕๖๕" at the top, "๒๕๖๕" at the bottom, and "๒๕๖๕" on the left and right sides. The text in the center of the seal reads "ภาคผนวก ค" and "ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์ทางสถิติของแหนมที่ใช้เจลบุกทดแทนหนังหมูในปริมาณต่างๆ".

ภาคผนวก ค

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์ทางสถิติของแหนมที่ใช้เจลบุกทดแทนหนังหมูในปริมาณต่างๆ

ตารางผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของสีแหนมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยไมโครเวฟ

| SOV       | df  | SS     | MS    | F       |
|-----------|-----|--------|-------|---------|
| Treatment | 5   | 93.74  | 18.75 | 13.79** |
| Block     | 19  | 60.76  | 3.2   | 2.35**  |
| error     | 95  | 129.09 | 1.36  |         |
| Total     | 119 | 283.59 |       |         |

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ตารางผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของกลิ่นแหนมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยไมโครเวฟ

| SOV       | df  | SS     | MS   | F      |
|-----------|-----|--------|------|--------|
| Treatment | 5   | 28.37  | 5.67 | 4.82** |
| Block     | 19  | 147.17 | 7.74 | 6.58** |
| error     | 95  | 111.63 | 1.17 |        |
| Total     | 119 | 287.17 |      |        |

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ตารางผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของรสแหนมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยไมโครเวฟ

| SOV       | df  | SS    | MS   | F      |
|-----------|-----|-------|------|--------|
| Treatment | 8   | 13.47 | 2.69 | 2.58*  |
| Block     | 19  | 132.8 | 6.98 | 6.71** |
| error     | 95  | 99.2  | 1.04 |        |
| Total     | 119 | 366.7 |      |        |

\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเนื้อสัมผัสแฮมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยไมโครเวฟ

| SOV       | df  | SS    | MS   | F      |
|-----------|-----|-------|------|--------|
| Treatment | 5   | 6.8   | 1.36 | 1.4    |
| Block     | 19  | 168.7 | 8.88 | 9.15** |
| error     | 955 | 92.2  | 0.97 |        |
| Total     | 119 | 267.7 |      |        |

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ตารางผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความชอบรวมแฮมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยไมโครเวฟ

| SOV       | df  | SS     | MS   | F      |
|-----------|-----|--------|------|--------|
| Treatment | 5   | 17.34  | 3.47 | 2.98*  |
| Block     | 19  | 112.82 | 5.94 | 5.12** |
| error     | 95  | 110.83 | 1.16 |        |
| Total     | 119 | 240.99 |      |        |

\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ตารางผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของสีแฮมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยการทอด

| SOV       | df  | SS     | MS   | F      |
|-----------|-----|--------|------|--------|
| Treatment | 5   | 26.54  | 5.31 | 3.69** |
| Block     | 19  | 60.62  | 3.19 | 2.22** |
| error     | 95  | 136.63 | 1.44 |        |
| Total     | 119 | 223.79 |      |        |

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01



**ตารางผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของกลิ่นแหนมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยการทอด**

| SOV       | df  | SS     | MS   | F      |
|-----------|-----|--------|------|--------|
| Treatment | 5   | 16.54  | 3.31 | 2.23NS |
| Block     | 19  | 124.49 | 6.55 | 4.41** |
| error     | 95  | 140.96 | 1.48 |        |
| Total     | 119 | 281.99 |      |        |

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

**ตารางผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของรสแหนมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยการทอด**

| SOV       | df  | SS     | MS   | F      |
|-----------|-----|--------|------|--------|
| Treatment | 5   | 20.47  | 4.09 | 2.17NS |
| Block     | 19  | 105.04 | 5.53 | 2.94** |
| error     | 95  | 178.86 | 1.88 |        |
| Total     | 119 | 304.37 |      |        |

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

**ตารางผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเนื้อสัมผัสแหนมเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วยการทอด**

| SOV       | df  | SS     | MS   | F      |
|-----------|-----|--------|------|--------|
| Treatment | 5   | 27.07  | 5.41 | 5.54** |
| Block     | 19  | 102.87 | 5.41 | 5.54** |
| error     | 95  | 92.93  | 0.98 |        |
| Total     | 119 | 222.87 |      |        |

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ตารางผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความชอบรวมแหวนเจลบุกที่ผ่านการทำให้สุกด้วย

การทอด

| SOV       | df  | SS     | MS   | F      |
|-----------|-----|--------|------|--------|
| Treatment | 5   | 14.74  | 2.95 | 2.18NS |
| Block     | 19  | 73.49  | 3.87 | 2.87** |
| error     | 95  | 128.76 | 1.35 |        |
| Total     | 119 | 216.99 |      |        |

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



## ภาคผนวก ง

ผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสและการวิเคราะห์ทางสถิติของลูกชิ้นเจลบุกที่ใช้ปริมาณแป้งมัน  
สำปะหลังที่ระดับต่างๆ



ตารางผนวกที่ 16 ผลการวัดค่าแรงกดสูงสุดของลูกชิ้นเจลบุกที่ใช้แป้งมันสำปะหลังที่ปริมาณต่างๆ  
เปรียบเทียบกับลูกชิ้นทั่วไป

| ตัวอย่าง                      | Maximum force (g) |            |            |
|-------------------------------|-------------------|------------|------------|
|                               | ครั้งที่ 1        | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 |
| ลูกชิ้นเนื้อวัว               | 5181.2            | 4930.4     | 4008.5     |
| ลูกชิ้นกุ้ง                   | 2514              | 2448.8     | 2262.6     |
| ลูกชิ้นหมู(ทั่วไป)            | 3046              | 2734.8     | 5910       |
| ลูกชิ้นหมู(ทดลอง)             | 3219.1            | 2358.1     | 2430.1     |
| ลูกชิ้นเจลบุกแทนเนื้อหมู 50 % |                   |            |            |
| - เพิ่มแป้งมันเป็น 15 %       | 1376.4            | 1503.5     | 1712.6     |
| - เพิ่มแป้งมันเป็น 30 %       | 1512              | 1628       | 2026.9     |

ตารางผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของการวัดเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นเจลบุกที่ใช้แป้งมัน

| Source    | df | SS          | MS         | F ca                 |
|-----------|----|-------------|------------|----------------------|
| treatment | 6  | 23338385.58 | 3889730.93 | 6.0495**             |
| Block     | 2  | 540937.9700 | 270468.980 | 0.4206 <sup>ns</sup> |
| Error     | 12 | 7715745.560 | 642978.800 |                      |
| Total     | 20 | 31595069.11 |            |                      |

\*\* แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

NS แสดงว่าค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาคผนวก จ

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาธน์สัมพันธ์และการวิเคราะห์ทางสถิติของลูกชิ้นเจลบุกที่ใช้  
แป้งมันสำปะหลังในระดับต่างๆ

ตารางผนวกที่ 18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของสีลูกชั้นเจลนุก

| SOV       | df | SS     | MS   | F      |
|-----------|----|--------|------|--------|
| Treatment | 3  | 7.35   | 2.45 | 1.91NS |
| Block     | 19 | 35.45  | 1.86 | 1.45NS |
| error     | 57 | 73.15  | 1.28 |        |
| Total     | 79 | 115.95 |      |        |

NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของกลิ่นลูกชั้นเจลนุก

| SOV       | df | SS    | MS   | F      |
|-----------|----|-------|------|--------|
| Treatment | 3  | 18.45 | 6.15 | 6.99** |
| Block     | 19 | 25.05 | 1.32 | 1.50NS |
| error     | 57 | 50.05 | 0.88 |        |
| Total     | 79 | 93.55 |      |        |

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของรสลูกชั้นเจลนุก

| SOV       | df | SS     | MS   | F      |
|-----------|----|--------|------|--------|
| Treatment | 3  | 5.05   | 1.68 | 0.93NS |
| Block     | 19 | 55.95  | 2.94 | 1.62NS |
| error     | 57 | 102.95 | 1.81 |        |
| Total     | 79 | 163.95 |      |        |

NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 21 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเนื้อสัมผัสลูกชิ้นเจลบุก

| SOV       | df | SS    | MS   | F      |
|-----------|----|-------|------|--------|
| Treatment | 3  | 0.6   | 0.2  | 0.12NS |
| Block     | 19 | 93.7  | 4.93 | 3.02** |
| error     | 57 | 92.9  | 1.63 |        |
| Total     | 79 | 187.2 |      |        |

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็นไม่ได้ 0.01

NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 22 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความชอบรวมลูกชิ้นเจลบุก

| SOV       | df | SS     | MS   | F      |
|-----------|----|--------|------|--------|
| Treatment | 3  | 4.16   | 1.39 | 0.94NS |
| Block     | 19 | 44.31  | 2.33 | 1.58NS |
| error     | 57 | 83.78  | 1.47 |        |
| Total     | 79 | 132.25 |      |        |

NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

The seal of Rajabhat Buriram University is a circular emblem. It features a central sun with rays, flanked by two tiered stupas. Below the sun is a central figure, possibly a deity or a royal figure, seated on a throne. The entire emblem is surrounded by a decorative border with Thai script. The text around the border includes "มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์" (Mahavithayalai Rajabhat Buriram) at the top and "พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง" (Prachonkiet Rajabhat Buriram) at the bottom.

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างแบบสอบถามเพื่อประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic scale 9 - score

ตารางผนวกที่ 23 ตัวอย่างแบบทดสอบเพื่อประเมินผลทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ผู้ทดสอบ \_\_\_\_\_

วันที่ \_\_\_\_\_

ผลิตภัณฑ์ \_\_\_\_\_

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวาและให้คะแนนความชอบตามสเกลให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง โดยให้เต็มน้ำระหว่างตัวอย่างด้วย

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| 1 ไม่ชอบ          | 6 ชอบปานกลาง-มาก   |
| 2 ไม่ชอบ-ชอบน้อย  | 7 ชอบมาก           |
| 3 ชอบน้อย         | 8 ชอบมาก-มากที่สุด |
| 4 ชอบน้อย-ปานกลาง | 9 ชอบมากที่สุด     |
| 5 ชอบปานกลาง      |                    |

สี

รหัสตัวอย่าง

คะแนน

กลิ่น

คะแนน

รส

คะแนน

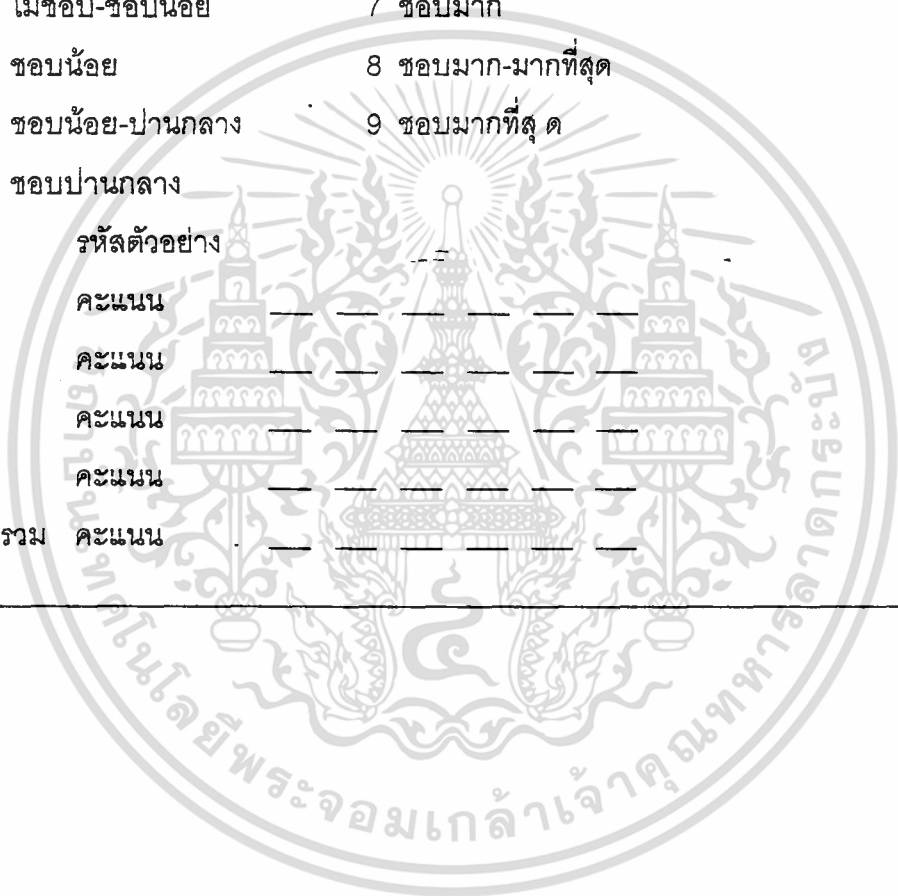
เนื้อสัมผัส

คะแนน

ความชอบรวม

คะแนน

วิจารณ์



## ประวัติการศึกษา

นายยุทธพงษ์ ศุภศิริสินธุ์ เรียนชั้นอนุบาลที่โรงเรียนแสงอรุณ ชั้นประถมและมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียน อัสสัมชัญ กรุงเทพฯ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ โรงเรียน ทวีธาภิเศก เข้าศึกษาคณะเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

น.ส.วิรมณ เลิศบัณฑิตกุล เรียนชั้นอนุบาลที่โรงเรียนอนุบาลจุฑาภรณ์ ชั้นประถมและมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนดลวิทยา ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนดรุณพิทยา เข้าศึกษาคณะเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปีการศึกษา 2537

นายวิโรจน์ สาสีทา เรียนชั้นประถมที่โรงเรียนกฤตศิลป์วิทยาและมัธยมศึกษาที่โรงเรียน เทพลีลา เข้าศึกษาคณะเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปีการศึกษา 2537

