# ใบรับรองปัญหาพิเศษ

**เรื่อง** อาหารว่างจากเต้าหู้แข็ง

(Snack food from hard tofu)

ACC. NO.....
Date Received 1 ก.ย. 2529
Call No.....

โดย นายเพียรชัย ตั้งเมธากูล
นายอำนวยโชค ยอดแกว

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก...

..... ...1.../...1.../...29 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ
( ...../...../..... ...../...../.....

..... ...1.../...1.../...29 กรรมการของภาควิชา
( )

..... ...1.../...1.../...29 กรรมการของภาควิชา
( )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ ...12... เดือน ..... พ.ศ. ...29...

B S.H. 254

ปพ.
ง1949
2528

13890

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ (45497)

เรื่อง

# อาหารว่างจากเต้าหู้แข็ง

(Snack food from hard tofu)

โดย

นายเพียรชัย ตั้งเมธากุล

นายอำนวยโชค ยอดแก้ว

วพ.
พ949อ
2529

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96690.....
วัน,เดือน,ปี.....- 4 JUN 2003

เสนอ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2529

# บทคัดย่อ

## เรื่อง

## อาหารว่างจากเต้าหู้แข็ง

(Snack food from hard tofu)

อาหารว่างจากเต้าหู้แข็ง ได้จากเต้าหู้ที่คุณลักษณะดี ซึ่งได้มาจากการตกตะกอนน้ำนมถั่วเหลืองด้วย magnesium sulphate 0.4 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)

เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบและพองตัวจึงปรับปรุงคุณภาพของเต้าหู้ โดยผสมแป้งมันสำปะหลัง 30 เปอร์เซ็นต์ และปรุงแต่งรสชาดโดยเติมน้ำตาล 3 เปอร์เซ็นต์ลงในตะกอนเต้าหู้พร้อมกันกับแป้ง อัดให้เป็นก้อนแล้วนำไปนึ่งให้สุก ก้อนเต้าหู้ที่หั่นเป็นแผ่นบาง ๆ เมื่อผ่านการทอดแล้วนำมาคลุกเคล้าด้วยส่วนผสมต่าง ๆ คือเกลือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันพืช 10 เปอร์เซ็นต์ และผงชูรส 0.2 เปอร์เซ็นต์ จะให้รสชาดดีที่สุด

ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าประกอบด้วย โปรตีน 19.6 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 36.96 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 4.78 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 1.82 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเมื่อนำไปเก็บรักษาในถุงพลาสติกปิดสนิทเป็นเวลา 14 วัน แล้วทำการตรวจเช็คลักษณะสี กลิ่นรส ความกรอบและปริมาณ peroxideที่ 0,7 และ 14 วัน ตามลำดับ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านสี กลิ่นรส และความกรอบ แต่ ปริมาณ peroxide มีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา

# สารบาญ


| | หน้า |
|---|---|
| สารบาญตาราง | (ก) |
| สารบาญภาพ | (ข) |
| สารบาญตารางผนวก | (ค) |
| บทนำ | 1 |
| การตรวจเอกสาร | 3 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 18 |
| ผลและวิจารณ์ผล | 26 |
| สรุปผลการทดลอง | 44 |
| เอกสารอ้างอิง | 46 |
| ภาคผนวก | 49 |

# สารบาญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงอุณหภูมิที่ใช้ในการหมกตะกอน | 7 |
| 2 | แสดงรูปแบบของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายของเต้าหู้ | 9 |
| 3 | แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเต้าหู้ | 9 |
| 4 | แสดงอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชั่น (gelatinization) ของแป้งชนิดต่าง ๆ | 13 |
| 5 | แสดงอุณหภูมิที่เป็นควันของไขมันชนิดต่าง ๆ | 14 |
| 6 | แสดงผลการทดลองการหมกตะกอนเต้าหู้ด้วยสารหมกตะกอนชนิดต่าง ๆ | 27 |
| 7 | แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้ที่หมกตะกอนด้วยสารชนิดต่าง ๆ | 30 |
| 8 | แสดงผลการทดลองการหมกตะกอนเต้าหู้ด้วย $MgSO_4$ ในปริมาณที่แตกต่างกัน | 32 |
| 9 | แสดงอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์ที่ผสมด้วยแป้งชนิดต่างๆ ภายหลังการทอด | 33 |
| 10 | แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้ที่ผสมด้วยแป้งชนิดต่าง ๆ | 37 |
| 11 | แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้ปรุงแต่งรสด้วยส่วนผสม 4 สูตร | 40 |
| 12 | แสดงค่า Peroxide Value ของผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาต่าง ๆ | 42 |
| 13 | แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหารว่างจากเต้าหู้แข็ง | 43 |

# สารบาญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แผนภูมิแสดงขบวนการทำเต้าหู้แข็งจากถั่วเหลือง | 8 |
| 2 | ภาพแสดงลักษณะของเนื้อเต้าหู้ผสมแป้งมันสำปะหลัง 30 เปอร์เซ็นต์ | 34 |
| 3 | ภาพแสดงการพองตัวของเต้าหู้ที่ผสมแป้งมันสำปะหลัง 30 เปอร์เซ็นต์ | 35 |
| 4 | ภาพแสดงเครื่องมือทดสอบความแข็งของเต้าหู้ | 62 |

# สารบาญตารางผนวก


| ตารางผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส | 50 |
| 2 | แสดงการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพทางด้านสีของเต้าตู้ โดยใช้สารตกตะกอนต่างกัน | 51 |
| 3 | แสดงการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพทางด้านกลิ่นรสของเต้าหู้ โดยใช้สารตกตะกอนต่างกัน | 51 |
| 4 | แสดงการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ โดยใช้สารตกตะกอนต่างกัน | 52 |
| 5 | แสดงการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเกี่ยวกับการยอมรับของเต้าหู้ โดยใช้สารตกตะกอนต่างกัน | 52 |
| 6 | แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติในเรื่องสีของอาหารว่างจากเต้าหู้ผสมด้วยแป้งชนิดต่าง ๆ | 53 |
| 7 | แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติในเรื่องกลิ่นรสของอาหารว่างจากเต้าหู้ผสมด้วยแป้งชนิดต่าง ๆ | 53 |
| 8 | แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติในเรื่องลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารว่างจากเต้าหู้ผสมด้วยแป้งชนิดต่าง ๆ | 54 |
| 9 | แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติในเรื่องการยอมรับของอาหารว่างจากเต้าหู้ผสมด้วยแป้งชนิดต่าง ๆ | 55 |
| 10 | แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติในเรื่องสีของอาหารว่างจากเต้าหู้ที่ปรุงแต่งด้วยรสต่างกัน | 55 |

# สารบาญตารางผนวก (ต่อ)


| ตารางผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 11 | แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติในเรื่องกลิ่นรสของอาหารว่างจากเต้าหู้ที่ปรุงแต่งด้วยรสต่างกัน | 56 |
| 12 | แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติในเรื่องลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารว่างจากเต้าหู้ที่ปรุงแต่งด้วยรสต่างกัน | 57 |
| 13 | แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติในเรื่องการยอมรับของอาหารว่างจากเต้าหู้ที่ปรุงแต่งด้วยรสต่างกัน | 57 |

# อาหารว่างจากเต้าหู้แข็ง

(Snack food from hard tofu)

## คำนำ

ในปัจจุบันอาหารว่าง (snack food) เป็นที่นิยมกันมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากตามร้านค้า ซุปเปอร์มาเก็ต ได้วางจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารมากมายหลายชนิด ถึงแม้ว่าอาหารว่างจะไม่ใช่อาหารหลักที่บริโภคเพื่อเสริมสร้างความสมบูรณ์ของร่างกายก็ตาม แต่อาหารว่างก็เป็นอาหารชนิดหนึ่งที่สามารถตอบสนองความต้องการของร่างกายได้

อาหารว่างมีหลายชนิด ซึ่งกรรมวิธีทำก็จะแตกต่างกันออกไปด้วยดังเช่น มันฝรั่งทอด, ข้าวเกรียบกุ้ง, ข้าวโพดคั่ว เป็นต้น อาหารว่างเหล่านี้มักนิยมรับประทานหรือขบเคี้ยวในยามต้องการได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะพอสังเกตุได้ว่าอาหารว่างเกือบทุกชนิด จะต้องมีความกรอบภายในเนื้อเอง ส่วนกลิ่นและรสชาตินั้นจะขึ้นอยู่กับความนิยมของผู้บริโภค

เต้าหู้เป็นผลิตภัณฑ์ทำมาจากถั่วเหลือง ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นแหล่งของโปรตีนที่มีราคาถูก ในประเทศไทยมีการทำเต้าหู้โดยทั่วไป โรงงานเต้าหู้ส่วนมากมีขนาดเล็กทำกันในครอบครัว โดยที่มีวิธีการทำแบบง่าย ๆ ไม่ต้องอาศัยการลงทุนสูง เต้าหู้สามารถใช้เป็นอาหารบริโภคแทนเนื้อสัตว์ต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดีในกลุ่มของประชากรที่เป็นพวกมังสะวิรัติ ในประเทศจีนเปรียบเทียบเต้าหู้ว่าเป็นเนื้อไม่มีกระดูก "The meat without the bone" นอกจากนั้นเต้าหู้เป็นอาหารซึ่งไม่มี Cholesterol และมีไขมันโดยเฉพาะไขมันอิ่มตัวต่ำ ส่วนรูปแบบของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential amino acid pattern) ซึ่งเป็นเครื่องพิจารณาคุณภาพของโปรตีนนั้นได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 เห็นได้ว่า รูปแบบกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายของเต้าหู้นั้นมีกรดอะมิโน

ที่มีซัลเฟอร์และ Tryptophan อยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่า FAO กำหนดไว้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารชนิดอื่นแล้ว เต้าหู้ก็ยังมีรูปแบบของกรดอะมิโนที่ค่อนข้างดี

การบริโภคเต้าหู้ในปัจจุบัน จะบริโภคในรูปเต้าหู้สดแล้วนำมาประกอบอาหาร เช่น แกง หรือผัด เป็นส่วนใหญ่ หากมีการนำเต้าหู้มาทำให้อยู่ในรูปของอาหารสำเร็จพร้อมที่จะรับประทานได้เลยก็จะเป็นการเพิ่มความสะดวกในการบริโภคเต้าหู้ยืดอายุการเก็บรักษาและที่สำคัญคือ เป็นการช่วยพัฒนาอุตสาหกรรมด้านอาหารให้มีผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารสูง

<u>วัตถุประสงค์</u>

1. ศึกษาชนิดของสารตกตะกอนที่เหมาะสมในการทำเต้าหู้แข็ง
2. ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของสารตกตะกอนแต่ละชนิดในการทำเต้าหู้แข็ง
3. ศึกษาชนิดและปริมาณของแป้งที่เหมาะสมสำหรับเติมลงในเนื้อเต้าหู้แข็ง เพื่อปรับปรุงคุณภาพ ด้านลักษณะเนื้อของอาหารว่างจากเต้าหู้แข็ง
4. ศึกษาสูตรส่วนผสมที่ปรุงแต่งกลิ่นรสของเต้าหู้แข็ง เพื่อทำอาหารว่าง
5. ศึกษาระยะเวลาของการเก็บรักษา (shelf life) ที่มีผลต่อคุณภาพของอาหารว่าง
6. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารว่างจากเต้าหู้

## การตรวจเอกสาร

เต้าหู้เป็นอาหารซึ่งนำเอาโปรตีนที่มีอยู่ในถั่วเหลืองมาใช้ในรูปแบบหนึ่ง วิธีการที่จะนำเอาส่วนของโปรตีนในถั่วเหลืองออกมาใช้ประโยชน์นั้นมีผู้ทดลองและทดสอบอยู่หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของโปรตีนในถั่วเหลืองเอง และความต้องการด้านคุณสมบัติของโปรตีนในผลิตภัณฑ์เป็นหลักวิธีการที่นำมาใช้กันมีดังนี้

- การใช้วิธีตกตะกอนที่จุด Isoelectric point
- การแยกโดยใช้อนุมูลโลหะ (Metal cations)
- การใช้ความเย็น (Cryoprecipitation)

ในการแยกเอาโปรตีนออกเพื่อทำเต้าหู้วิธีการที่ใช้คือ การแยกโดยใช้อนุมูลโลหะ (Metal cations) อนุมูลโลหะที่ใช้กันอย่างกว้างขวางโดยทั่วไปคือ แคลเซี่ยม และแมกนีเซี่ยม

### ประวัติความเป็นมา

เต้าหู้คนญี่ปุ่นเรียก โตฟู (Tofu) คนเวียดนามเรียก แดนฟู (Dan fu) คนจีนเรียก เตาฟู (Teou fu) หรือเตาฟูโฮ (Tou fu ho) และฝรั่งเรียก Soybean curd (Smith, 1895)

เต้าหู้ได้ทำขึ้นครั้งแรก ในราชวงศ์ฮาน (Han) สมัยไฮยนานวาง (Huai Nan Wang) คริสต์ศักราชที่ 22 ที่เมือง Luian (Shih, 1918)

ลักษณะของเต้าหู้สดที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมี 3 ชนิด คือ เต้าหู้แข็ง หรือเต้าหู้เหลือง, เต้าหู้อ่อน และเต้าฮวย (kinugoshi) เต้าหู้แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันในเรื่องสารที่ใช้ตกตะกอนให้เป็นเต้าหู้ ซึ่งทำให้เต้าหู้มีลักษณะแข็งอ่อนแตกต่างกัน สารที่ใช้ตกตะกอนเต้าหู้ได้ เช่น $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ และ Glucono Delta Lactone ส่วนรูปร่าง

ลักษณะเฉพาะของเต้าหู้แต่ละชนิด ก็มีลักษณะแตกต่างกันตามแม่พิมพ์หรือภาชนะที่ใช้ใส่ หรือประเพณีนิยมของผู้บริโภค เต้าหู้สดที่มีคุณภาพดีต้องไม่มีกลิ่น รสจืด และมีสีขาวนวล (สมชายและอุดม, 2519)

วัตถุดิบและหลักการผลิตเต้าหู้

วัตถุดิบ

ถั่วเหลือง ถั่วเหลืองที่ใช้ส่วนมากจะเป็นถั่วซึ่งมีขนาดใหญ่ มีเปลือกบางขั้วเมล็ดไม่มีสีดำ อายุไม่เกิน 6 เดือน ถ้าหากเก่ามากจะทำให้ปริมาณเต้าหู้ที่ได้ต่ำลงไป ทั้งนี้เนื่องจาก โปรตีนบางส่วนในเมล็ดถั่วเหลือง เสื่อมเสียคุณภาพไป

สารตกตะกอน สารตกตะกอนที่ใช้แบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ

1. สารประกอบคลอไรด์ ได้แก่ แมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2 \cdot 2H_2O$) แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) น้ำทะเล

2. สารประกอบซัลเฟต ได้แก่ แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) คนจีนเรียกว่า "เจี๋ยะกอ" นิยมใช้กันมากและมีราคาถูก สารอีกตัวหนึ่งคือ แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) หรือดีเกลือ เป็นสารสีขาว รสขมเฝื่อน

3. กลูโคโน เดลตา แลคโตน (Glucono delta lactone, GDL) ใช้กันอย่างแพร่หลายมากในญี่ปุ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำเต้าหู้แบบบรรจุถุงหรือเต้าหู้หลอด ซึ่งใช้ได้ผลดีกว่าตัวตกตะกอนชนิดอื่น แต่ก็มีราคาแพง

4. กรดที่นิยมใช้มีทั้งกรดอินทรีย์ และกรดแร่ เช่น กรดแลคติค, กรดอะซิติก, กรดเกลือ, กรดมะนาว เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำผลไม้ในการตกตะกอนด้วย เช่น น้ำส้มคั้น, น้ำมะนาว, น้ำสับปะรด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะกรอบ หักง่าย มีรสเฝื่อนเล็กน้อย (สมชายและอุดม, 2519)

หลักการผลิตเต้าหู้

1. การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง ล้างถั่วเหลืองให้สะอาด แช่น้ำ 5-6 ชั่วโมง ล้างให้สะอาดอีกครั้งบดถั่วเหลืองให้ละเอียด พร้อมทั้งเติมน้ำร้อนลงไปทีละน้อยในขณะบดถั่วเหลือง ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการบดถั่วเหลืองและกำจัดกลิ่นถั่วเหลืองให้ลดน้อยลง เติมน้ำลงไปในถั่วเหลืองที่บดแล้วให้ได้เป็น 10 เท่าของน้ำหนักถั่วเหลืองที่ใช้เริ่มแรก ต้มแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง

วัตถุประสงค์ของการต้มคือ

ก. ทำลายสารต่อต้านคุณค่าทางโภชนาการในถั่วเหลือง (Antinutritional factors) ถั่วเหลืองเป็นแหล่งสารอาหารโปรตีนสูงแหล่งหนึ่งของมนุษย์แต่ถั่วเหลืองก็มีสารซึ่งเป็นตัวยับยั้งการย่อยสลายและการดูดซึมเพื่อนำโปรตีนไปใช้อยู่ด้วย ได้แก่ Trypsin inhibitors, Hemagglutinins, Saponins เป็นต้น สารดังกล่าวนี้จะถูกทำลายได้โดยความร้อน พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการรักษาคุณค่าทางโภชนาการได้มากที่สุด และไม่ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้เสียไปคือ การใช้ความร้อนประมาณ 93° ซ. นาน 10-15 นาที

ข. ทำให้น้ำนมถั่วเหลืองมีกลิ่นดีขึ้น

ค. ยืดอายุการเก็บรักษาน้ำนมถั่วเหลืองที่สกัดได้

ง. สกัดน้ำนมถั่วเหลืองได้ง่าย

จ. เปลี่ยนโปรตีนให้อยู่ในรูปที่ตกตะกอนได้ง่าย (ประเสริฐและคณะ,2527)

2. การตกตะกอนโปรตีน เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด เพราะมีปัจจัยและสภาวะหลายอย่างที่เกี่ยวข้องอันมีผลต่อผลิตภัณฑ์ได้แก่

2.1 ปริมาณสารตกตะกอน

สมชายและคณะ, (2525) ได้ทำการศึกษาทดลองถึงปริมาณของสารตกตะกอนที่ใช้จะมีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้ การใช้สารในปริมาณที่เหมาะสม

จะทำให้น้ำเวย์ (Whey) ซึ่งเป็นส่วนของน้ำนมเหลืองที่ตกตะกอนโปรตีนออกไปแล้วใส ถ้าหากใช้ในปริมาณที่น้อยเกินไปจะทำให้โปรตีนตกตะกอนไม่หมด น้ำเวย์จะขุ่น แต่ถ้าใช้สารในปริมาณมากเกินไปจะทำให้คุณภาพของเต้าหู้เสียไป เช่น การใช้ Glucono Delta Lactone มากกว่า 1.5 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักถั่วแห้งในการทำเต้าหู้อ่อนจะทำให้กลิ่นรสของเต้าหู้นั้นเสียไปคือ จะมีรสเปรี้ยว

2.2 ความเข้มข้นของน้ำนมถั่วเหลือง ถ้าน้ำนมถั่วเหลืองมีความเข้มข้นมากปริมาณสารตกตะกอนที่ใช้ก็มากด้วย

2.3 อุณหภูมิขณะทำการตกตะกอน อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการตกตะกอนคือ ถ้าอุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดปฏิกริยาเร็ว ใช้สารตกตะกอนน้อยเต้าหู้ที่ได้มีเนื้อหยาบ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการตกตะกอนขึ้นอยู่กับชนิดของเต้าหู้และสารที่ใช้ตกตะกอน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

2.4 การผสมขณะตกตะกอน ต้องไม่แรงนัก ถ้าคนแรงตะกอนจะแข็งกระด้างและมีฟองอากาศ

ตารางที่ 1 แสดงอุณหภูมิที่ใช้ในการตกตะกอน

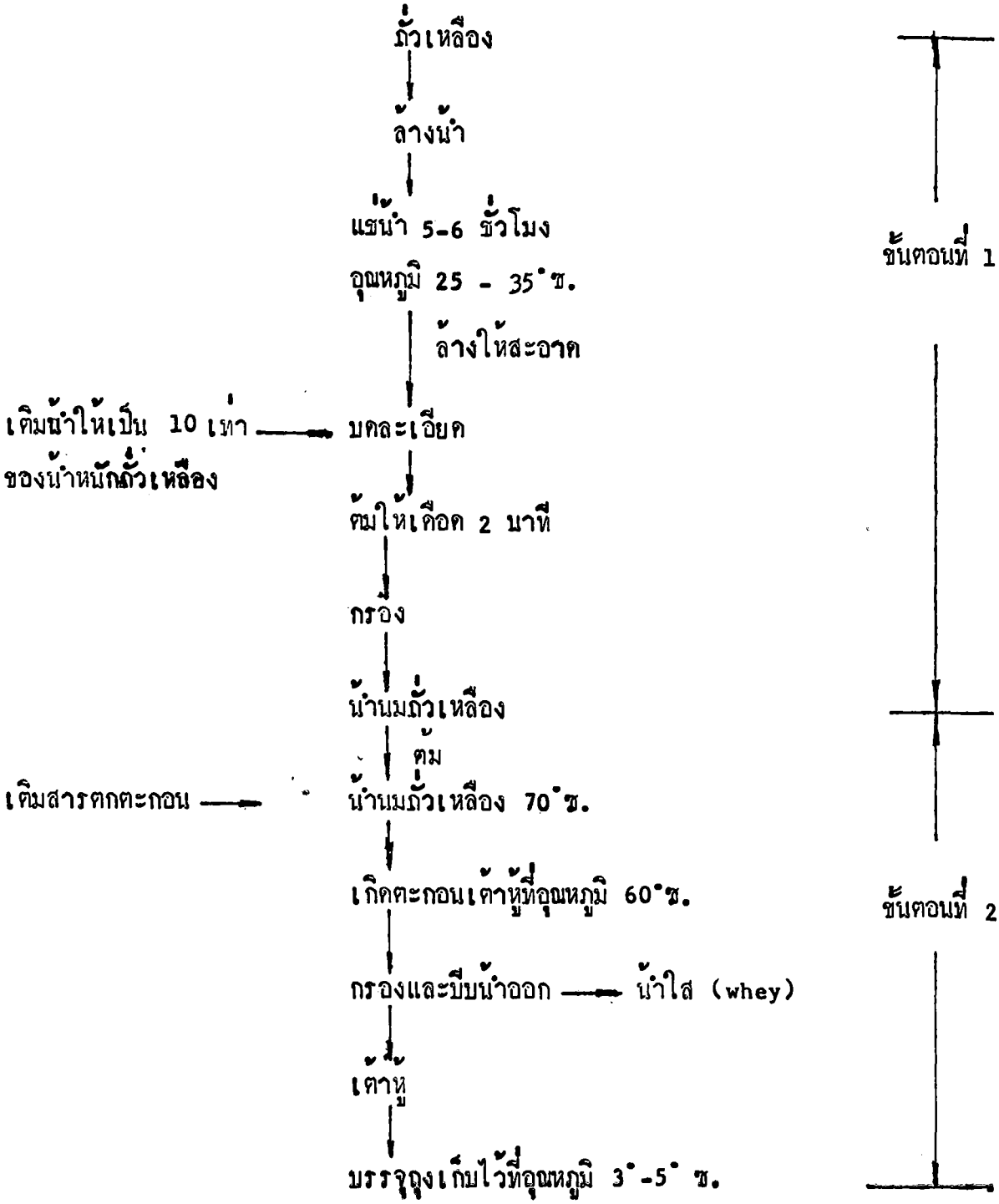
| ชนิดของเต้าหู้ | สารตกตะกอน | อุณหภูมิ (°ซ) |
|---|---|---|
| เต้าหู้แข็ง | สารประกอบคลอไรด์ | 78–85 |
| | แคลเซียมซัลเฟต | 70–75 |
| | แลคโตน | 90 |
| | น้ำมะนาว | 80–90 |
| | น้ำส้ม | 80–90 |
| เต้าหู้อ่อน | สารประกอบคลอไรด์ | 65–68 |
| | แคลเซียมซัลเฟต | 70 |
| เต้าหู้หลอด | แลคโตน | 85–90 |
| | แคลเซียมซัลเฟต | 90 |
| เต้าฮวย | แคลเซียมซัลเฟต | 70 |

3. การกำจัดน้ำเวย์ น้ำใส ๆ ที่เหลือจากการจับตัวเป็นก้อนของโปรตีน ต้องกำจัดออกไปส่วนหนึ่งก่อนที่จะนำก้อนโปรตีนใส่ลงในพิมพ์ ซึ่งจะทำให้เต้าหู้จับตัวเป็นก้อนได้ดีขึ้น

4. การกดทับ จะทำให้โปรตีนจับตัวเป็นก้อนแข็ง และลดความชื้น ระยะแรกจะกดทับด้วยน้ำหนักน้อยแล้วค่อย ๆ เพิ่มน้ำหนัก ระยะเวลาที่กดทับประมาณ 1–2 ชั่วโมง

หลังจากนั้น ยกพิมพ์แช่ลงในน้ำเย็น จะช่วยให้แกะเต้าหู้ออกจากพิมพ์ได้ง่าย โดยไม่ติดผ้ากรองที่ใช้รองพิมพ์

ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงขบวนการทำเต้าหู้จาก ถั่วเหลือง



ตารางที่ 2 รูปแบบของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Essential amino acid pattern) ของเต้าหู้ (กรัมต่อ 16 กรัมไนโตรเจน)

| | เต้าหู้ | ถั่วเหลือง | FAO 1957 |
|---|---|---|---|
| Isoleucine | 4.3 | 4.2 | 4.2 |
| Leucine | 7.6 | 7.4 | 4.8 |
| Lysine | 5.0 | 6.4 | 4.2 |
| Methionine+Cystine | 2.4 | 2.3 | 4.2 |
| Phenylalanine+Tyrosine | – | – | 5.6 |
| Threonine | 3.2 | 3.6 | 2.8 |
| Tryptophan | 1.0 | 1.7 | 1.4 |
| Valine | 4.0 | 4.3 | 4.2 |

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของเต้าหู้ (น้ำหนักแห้ง)

| | เต้าหู้ % | ถั่วเหลือง % |
|---|---|---|
| โปรตีน (Nx 6.25) | 50 | 42.78 |
| ไขมัน | 29.20 | 19.70 |
| คาร์โบไฮเดรท | 15.80 | 27.26 |
| เถ้า | 5.00 | 5.58 |
| เยื่อใย | 0 | 4.68 |

อาหารว่าง (Snack food) เป็นอาหารที่ใช้ขบเคี้ยวในยามว่าง ซึ่งการผลิตจะต้องมีแป้งเป็นส่วนผสมในเนื้อของเต้าหู้ เพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อที่ดีและนอกจากนี้ยังมีส่วนผสมอื่น ๆ บ้าง เพื่อเป็นตัวเพิ่มรสชาด เช่น เกลือ, น้ำตาล และผงชูรส เป็นต้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอย่างมากในผลิตภัณฑ์ประเภทนี้คือ กลิ่นเหม็นหืน ซึ่งจะเกิดจากน้ำมันที่ใช้ทอด ดังนั้น สารกันหืนจึงมีบทบาทต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก (Matz, 1976)

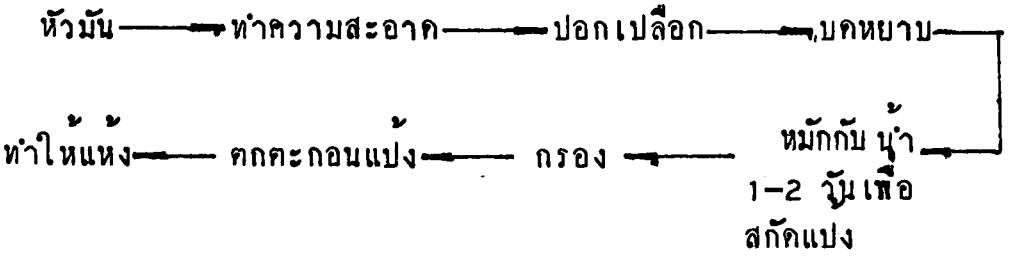
แป้ง (starch)

แป้งเป็นวัสดุเจือปนในอาหารชนิดหนึ่ง ที่มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมอาหาร เพราะนอกจากจะเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรทแล้ว ยังทำให้อาหารเกิดความข้น (Thickeness) ช่วยให้อาหารเกิดความคงตัว (stabilizer) ช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อ (Texture) ของอาหารให้มีโครงสร้างดีขึ้น และแป้งยังเป็นวัตถุดิบซึ่งมีราคาค่อนข้างถูกด้วย แป้งส่วนใหญ่จะได้จากส่วนของเมล็ดของธัญพืช เช่น ข้าวโพด, ข้าวฮาลี, ข้าวฟ่าง เป็นต้น ส่วนแป้งที่ได้จากหัวหรือรากของพืช ได้แก่ มันสำปะหลัง และมันฝรั่ง เป็นต้น

แป้ง (starch) จะประกอบไปด้วย amylose และ amylopectin เป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนั้นอาจมีพวกโปรตีน กรดไขมัน และสารอินทรีย์บางชนิด (ศิวาพร, 2524)

แป้งที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

1. แป้งมันสำปะหลัง (Cassava starch) มันสำปะหลังที่นำมาผลิตเป็นแป้งนั้น จะมีกรดพวกไฮโดรโซยานิค (Hydrocyanic Acid) ซึ่งเป็นสารที่มีอันตรายต่อร่างกาย แต่เมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตแล้วสารนี้จะสูญสลายไป การผลิตแป้งมันในระดับอุตสาหกรรมของไทยนั้นยังคงใช้แรงคนเป็นส่วนใหญ่ โดยมีขั้นตอนการผลิตดังนี้




คุณภาพของแป้งมันสำปะหลัง จะขึ้นอยู่กับลักษณะของสี เพราะการนำแป้งมันสำปะหลังไปใช้ประโยชน์ จะมีจุดประสงค์เพื่อทำให้อาหารมีความข้นเหนียว (Thickening agent) และมีลักษณะโปร่งแสง ลักษณะของแป้งเมื่อถูกความร้อนจะให้เจลที่โปร่งแสง และกลายเป็นสีน้ำเงินหรือสีเทาในกรณีที่แป้งนั้นมีเหล็กผสมอยู่ ดังนั้นขบวนการสกัดแป้งมันสำปะหลังจะต้องปราศจากเหล็กและแทนนิน

องค์ประกอบโดยทั่วไปของแป้งมันสำปะหลัง (whestler,1967)

| | |
|---|---|
| ความชื้น | 9.1 เปอร์เซ็นต์ |
| ไขมัน | 0.5 เปอร์เซ็นต์ |
| คาร์โบไฮเดรท | 88.2 เปอร์เซ็นต์ |
| โปรตีน | 1.1 เปอร์เซ็นต์ |
| เถ้า | 2.2 เปอร์เซ็นต์ |

2. แป้งสาลี (wheat flour) แป้งสาลีแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

- Hard or strong wheat มีลักษณะแป้งค่อนข้างหยาบ
- Soft wheat มีลักษณะแป้งที่ละเอียด

แป้งสาลีที่มีคุณภาพดี จะได้มาจากส่วนของเอ็นโดสเปิร์ม ของเมล็ดเท่านั้น ไม่มีส่วนคัพภะหรือรำเจือปนอยู่เลย จะต้องผ่านการบดและร่อนผ่านตะแกรงจนได้ขนาดตามที่ต้องการ

ในแป้งสาลีจะประกอบไปด้วยโปรตีน 5 ชนิดคือ albumin, globulin, proteose, gliadin และ glulenin

คุณภาพของแป้งสาลีจะขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในแป้งคือ ประเภทที่ละลายน้ำ และประเภทที่ไม่ละลายน้ำ (ประชา, อรพินท์,2519)

แป้งสาลีเป็นแหล่งอาหารที่ดี มีองค์ประกอบโดยทั่วไปดังนี้ (Kim, 1969)

| | |
|---|---|
| ความชื้น | 13.3 เปอร์เซ็นต์ |
| ไขมัน | 0.9 เปอร์เซ็นต์ |
| คาร์โบไฮเดรท | 74.1 เปอร์เซ็นต์ |
| โปรตีน | 11.0 เปอร์เซ็นต์ |
| เถ้า | 0.3 เปอร์เซ็นต์ |

3. แป้งข้าวโพด (corn starch)

ขั้นตอนในการผลิตแป้งข้าวโพด เริ่มจากการทำความสะอาดเมล็ดข้าว-โพดแช่ให้เมล็ดพองตัว โดยจะแช่ในสารละลายกรดเจือจาง นำไปอบด้วยไอน้ำ เพื่อให้เมล็ดนิ่มนำไปแยกเอาเยื่อใยออกและแยกแป้งออกจากน้ำโดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงแล้วนำไปอบให้แห้ง ก็จะได้แป้งข้าวโพดออกมา

จากการวิเคราะห์พบว่า starch granule ของแป้งข้าวโพดมีรูปร่างค่อนข้างกลมไปจนถึงรูปร่างหลายเหลี่ยม มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-30 ไมครอน

องค์ประกอบทั่วไปของแป้งข้าวโพด

| | |
|---|---|
| ความชื้น | 13.5 เปอร์เซ็นต์ |
| ไขมัน | 1.0 เปอร์เซ็นต์ |
| คาร์โบไฮเดรท | 85.1 เปอร์เซ็นต์ |
| โปรตีน | 0.3 เปอร์เซ็นต์ |
| เถ้า | 0 เปอร์เซ็นต์ |

การละลายของเมล็ดแป้งจะมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เมล็ด

แป้งจะไม่ละลายในน้ำเย็น แต่เมื่อผสมน้ำแล้ว ทำให้ร้อนแป้งจะค่อย ๆ พองตัว ซึ่งความสามารถในการพองตัวของแป้งแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ปรากฏการที่เมล็ดแป้งได้รับความร้อนและพองตัว เกิดความเหนียวและเปลี่ยนจากทึบแสงเป็นโปร่งใส และมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ เรียกว่า เจลลาติไนเซชั่น (Gelatinization) ซึ่งการเกิดเจลลาติไนเซชั่นของแป้งแต่ละชนิด จะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 (Matz, 1959)

ตารางที่ 4 แสดงอุณหภูมิการเกิดเจลลาติไนเซชั่นของแป้งชนิดต่าง ๆ (Matz, 1959)

| ชนิดของแป้ง | Gelatinization temperature (°C) |
|---|---|
| แป้งข้าวโพด | 62 – 64 |
| แป้งสาลี | 62 – 64 |
| แป้งมันสำปะหลัง | 52 – 64 |

การทอด (flying)

การทอดด้วยน้ำมันคือ ขั้นตอนที่สำคัญอีกวิธีหนึ่งของการทำผลิตภัณฑ์ Snack Food และยังเป็นตัวกำหนดอายุการเก็บรักษา (Shelf life) กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส (Texture) ของผลิตภัณฑ์ด้วย

ไขมันหรือน้ำมัน จะเป็นตัวนำความร้อนที่จะทำให้อาหารสุก ช่วยหล่อลื่นมิให้อาหารติดภาชนะ ในการทอดไม่เพียงแต่ทำให้อาหารสุกเท่านั้น บังให้สีและเพิ่มรสชาติแก่อาหารด้วย อาหารที่ทอดด้วยน้ำมัน ส่วนใหญ่จะมีสีน้ำตาล ต้องใช้อุณหภูมิ

ตั้งแต่ 177 – 201 °ซ. ในการเลือกน้ำมันสำหรับการทอด จะต้องคำนึงถึงจุดที่เป็นควันของน้ำมัน ซึ่งน้ำมันที่ใช้ทอด จะต้องทนอุณหภูมินี้ได้ ไม่สลายตัวเป็นควันก่อน จุดที่เป็นควันของไขมันนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมัน และอายุของการใช้งาน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงอุณหภูมิที่เป็นควันของน้ำมันและไขมันชนิดต่าง ๆ

| ชนิดของไขมัน | อุณหภูมิที่เป็นควัน( °ซ) | กรดไขมันอิสระหรือกรดโอลิอิค |
|---|---|---|
| น้ำมันเมล็ดฝ้าย | 233 | 0.07 |
| สโนว์ดริฟ (snow drift) | 232 | 0.06 |
| ดริสโก (crisco) | 231 | 0.13 |
| น้ำมันหมู (มันเปลว) | 221 | 0.15 |
| เนย | 208 | 0.28 |
| น้ำมันหมูใช้แล้ว 5ชั่วโมง | 207 | 0.34 |
| น้ำมันหมู (มันแข็ง) | 194 | 0.51 |
| น้ำมันหมูใช้นานกว่า 5 ชั่วโมง | 190 | 0.61 |
| น้ำมันมะกอก | 175 | 0.92 |
| น้ำมันถั่วลิสง | 142–162 | 1.64–1.10 |
| น้ำมันมะพร้าว | 138 | 1.90 |

ที่มา : (ประชาและอรพินท์ , 2519)

น้ำมันหรือไขมันต่างชนิดกัน ย่อมมีผลทำให้รสชาดของอาหารแตกต่างกัน และข้อสำคัญที่สุดคือ น้ำมันจะต้องไม่มีกลิ่นหืน

การหืนของไขมัน (Rancidity)

การหืนของไขมันหมายถึง การที่ไขมันหรือน้ำมันมีกลิ่นผิดปกติในระหว่างการเก็บรักษา การหืนเป็นปัญหาสำคัญในการเก็บอาหารที่มีไขมันปะปนอยู่ เช่น ขนม-เค็ก แป้ง เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์อาหารที่น้ำมันทำให้อาหารเหล่านี้มีกลิ่นเหม็นหืนเกิดขึ้น ไขมันจะหืนได้ช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับสภาพของไขมันและวิธีเก็บรักษา ไขมันและน้ำมันที่เก็บไว้ในภาชนะเปิดจะถูกอากาศ แสงแดดและน้ำง่ายหรือถ้ามีโลหะหนักที่เป็นตัวเร่งปฏิกริยาการหืนอยู่ด้วย จะทำให้น้ำมันเกิดการหืนเร็วยิ่งขึ้น การเหม็นหืนของน้ำมันหรือไขมัน จะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี 2 แบบดังนี้

- การหืนเนื่องมาจากออกซิเจน (Oxidative Rancidity)

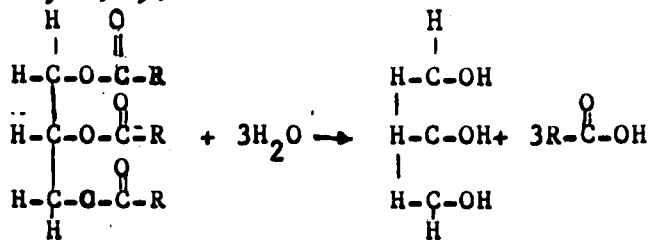
ในระหว่างการเก็บรักษากรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว จะทำปฏิกริยากับออกซิเจน ได้สารเปอร์ออกไซด์(Peroxide) ซึ่งมีกลิ่นหืน การหืนแบบนี้ พบได้ในอาหารแทบทุกชนิด และจะพบมากกว่าการหืนเนื่องจากน้ำ การหืนด้วยวิธีนี้ป้องกันได้ โดยเก็บไขมันในภาชนะที่ทึบแสง ปิดสนิท อากาศเข้าไม่ได้ และเก็บไว้ในที่เย็น ภาชนะที่ใช้จะต้องไม่ใช่เหล็กและทองแดง ดังสมการ

รูปแบบการหืนของกรดไขมันเนื่องจากออกซิเจน

- การหืนเนื่องจากน้ำ (Hydrolytic Rancidity)

การหืนด้วยวิธีนี้ เกิดขึ้นน้อยกว่าแบบการเติมออกซิเจน การหืนจะเกิดจากโมเลกุล

ไขมันไตรกลีเซอไรด์ ถูกย่อยโดยเอนไซม์ไลเปส (Lipase) เมื่อมีน้ำอยู่ ได้กรดไขมันโมเลกุลสั้น ๆ ซึ่งมีกลิ่นหืน คือกรดบิวไทริค (Butyric) เป็นต้น ดังสมการ (ประชาและอรพินท์, 2519)



รูปปฏิกริยาการหืนของไขมันเนื่องจากน้ำ

การทดสอบการเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์ มีหลายวิธี เช่นใช้ประสาทสัมผัส แต่วิธีนี้จะต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญทดสอบ แต่จะมีวิธีที่แน่นอนในการทดสอบ โดยการหาระดับเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งทางสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ได้ระบุน้ำมันที่ใช้บริโภคจะต้องมีค่าระดับเปอร์ออกไซด์ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำมัน (มอก.47-2516)

สารกันหืน (Antioxidant)

สารกันหืนหมายถึง สารซึ่งสามารถป้องกันไม่ให้ไขมันในอาหารเกิดการเติมออกซิเจนและเหม็นหืนได้แก่ บีเอชเอ (BHA หรือ Butylated Hydroxyanisole) บีเอชที (BHT หรือ Butylated Hydroxytoluene) ทีบีเอชคิว (TBHQ หรือ Tertiary Butylhydroquinone) และพีจี (PG หรือ propyl Gollate) สารพวกนี้เป็นสาร phenol ราคาถูกและยังได้ผลสูง สารพวกนี้จะอนุญาตให้ใช้ได้ไม่เกิน 0.02 เปอร์เซนต์ของไขมันทั้งหมด (Matz, 1976)

บีเอชเอ และบีเอชที ใช้ได้ผลมากกับไขมันสัตว์ เครื่องดื่มที่มีไขมัน, ไอศครีม, ขนมหวาน และอาหารอบอาจใช้เพียงตัวเดียวหรือใช้ทั้งคู่ก็ได้

ทีบีเอชคิว คือ สารตัวใหม่ที่ FDA อนุญาตให้ใช้ในอาหารเช่นเดียวกับบีเอชเอ บีเอชที และพีจี ทีบีเอชคิว จะมีประสิทธิภาพมากคือ จะเกิดการเหม็นหืนช้ากว่าถ้าใช้ในธัญพืชแห้ง ๆ ซึ่งก็สามารถใช้ใน Snack Food ได้ดีด้วย

สารป้องกันการเหม็นหืน (Antioxidative agent) อาจจะใช้วิธีการฉีด (spray) หรือทำให้ละลายในสารละลาย หรือจะใส่ในขณะการทอด (Frying) หรือการปั้นก็ได้ (Matz, 1976)

96690

# วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีในการทดลอง

## ก. วัตถุดิบ

1. เมล็ดถั่วเหลือง (Whole soybean)
2. แป้งมันสำปะหลัง
3. แป้งข้าวโพด
4. แป้งสาลี
5. น้ำตาล
6. เกลือป่น
7. น้ำมันพืช

## ข. อุปกรณ์

1. เครื่องบด
2. ผ้าขาวบาง
3. กล่องไม้ (Block)
4. ภาชนะสำหรับใส่ส่วนผสมต่าง ๆ
5. หม้อนึ่ง (Kettle)
6. อุปกรณ์ในการทอดอาหารว่าง
7. เตาอบ (Hot air Oven)
8. เตาเผา (Muffle furnance)
9. เครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet Extraction)
10. เครื่องย่อยและเครื่องกลั่นหา Nitrogen โดยวิธี Micro Kjeldahl
11. pH -meter
12. เครื่องแก้วต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์
13. เครื่องชั่งละเอียด

ค. สารเคมี

1. M.S.G. (Monosodium Glutamate)
2. ทีบีเอชคิว ( TBHQ หรือ Tertiary Butylhydroquinone)
3. NaOH 32 เปอร์เซนต์ (Sodium Hydroxide)
4. Catalyst mixture ใช้ Copper sulphate 7 กรัม ผสมให้เข้ากันกับ Potassium sulphate 100 กรัม
5. $H_2SO_4$ 0.1 N (Sulfuric acid)
6. Boric acid Solution 4 เปอร์เซนต์
7. Indicator solution ใช้ methyl red
8. $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ (Calsium chloride 2-hydrate)
9. $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (Calsium sulphate 2-hydrate)
10. $(CH_3COO)_2Ca$ (Calsium acetate)
11. $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (Magnesium sulphate 7-hydrate)
12. $CH_3COOH$ (Acetic acid)
13. Chloroform
14. Starch solution 1 เปอร์เซนต์
15. potassium iodine
16. $Na_2S_2O_3$ 0.1 N (Sodium thiosulphate)
17. Ether Extract

## การทดลอง

1. <u>ศึกษาชนิดของสารตกตะกอนที่เหมาะสม</u> โดยการทดลองทำเต้าหู้แข็งจากการตกตะกอน โดยใช้ชนิดและปริมาณของสารตกตะกอนที่แตกต่างกันดังนี้คือ $CaCl_2.2H_2O$, $CaSO_4.2H_2O$, $(CH_3COO)_2Ca$, $MgSO_4.7H_2O$ และ $CH_3COOH$ ในปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์, 0.4 เปอร์เซ็นต์, 0.3 เปอร์เซ็นต์, 0.4 เปอร์เซ็นต์ และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

การทดลองมีขั้นตอนดังนี้

1.1 นำถั่วเหลืองทั้งเมล็ด 500 กรัม มาทำความสะอาดแล้วแช่น้ำไว้ 7-8 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง

1.2 รินน้ำทิ้งล้างและเลือกเอาเปลือกออกเติมน้ำร้อน 2 ลิตร

1.3 บดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมที่ความเร็วปานกลางใช้เวลา 3-4 นาที เติมน้ำอีก 3 ลิตร เพื่อให้อัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อน้ำเป็น 1 : 10

1.4 ตั้งทิ้งไว้ 10 นาทีเพื่อให้ฟองอากาศลดลง

1.5 อุ่นให้ร้อน 50 °ซ. แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง จะได้น้ำนมถั่วเหลือง 5 ลิตร

1.6 ต้มน้ำนมถั่วเหลือง 2 นาที โดยคนตลอดเวลา

1.7 แบ่งน้ำนมถั่วเหลืองออกเป็น 5 ส่วน ส่วนละ 1 ลิตร ตั้งทิ้งให้อุณหภูมิของน้ำนมถั่วเหลืองลดลงถึง 80 °ซ.

1.8 เติมสารตกตะกอน $CaCl_2.2H_2O$, $CaSO_4.2H_2O$, $(CH_3COO)_2Ca$, $MgSO_4.7H_2O$ และ $CH_3COOH$ ลงในน้ำนมถั่วเหลือง 5 ส่วนที่แบ่งไว้ในปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์, 0.4 เปอร์เซ็นต์, 0.3 เปอร์เซ็นต์, 0.4 เปอร์เซ็นต์และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำนมถั่วเหลือง (w/w) ตามลำดับ คนเบาๆ ตั้งทิ้งไว้โปรตีนจะตกตะกอน

1.9 รอจนตะกอนอุณหภูมิ 50 °ซ. ทำการอัดเป็นก้อนเต้าหู้โดยเทตะกอนโปรตีนลงในบล็อคไม้ขนาด 7.5 x 7.5 ซ.ม. ซึ่งมีผ้าขาวบางรองตั้งไว้ให้น้ำไหลออกจากบล็อคนาน 3 ชั่วโมง ก็จะได้เต้าหู้แข็งตามต้องการ

1.10 หาปริมาณโปรตีนในเต้าหู้และที่เหลือในน้ำเวย์โดย Kjeldahl method (2.055, AOAC; 1984)

1.11 วิเคราะห์หาความชื้น โดย Air Oven method (14.004, AOAC, 1984)

1.12 ทดสอบด้วยประสาทสัมผัสโดยศึกษาคือ สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อและการยอมรับ ประเมินผลด้วยวิธี Hedonic Scale (ศิริลักษณ์, 2525 )

1.13 ทดสอบหาความแข็งของเต้าหู้ที่ได้ ซึ่งวิธีการทดสอบได้กล่าวไว้ในภาคผนวก

2. <u>ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของสารตกตะกอนในการทำเต้าหู้แข็ง</u> โดยใช้ $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์, 0.3 เปอร์เซ็นต์, 0.4 เปอร์เซ็นต์ และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำนมถั่วเหลือง (w/w) ตามลำดับ

ขั้นตอนในการทดลอง

2.1 เตรียมน้ำนมถั่วเหลือง 4 ลิตรแล้วแบ่งออกเป็น 4 ส่วน

2.2 ใช้ $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ เป็นตัวตกตะกอน โดยใช้ในปริมาณที่แตกต่างกันคือ 0.2 เปอร์เซ็นต์, 0.3 เปอร์เซ็นต์, 0.4 เปอร์เซ็นต์ และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.3 กระทำเหมือนกับการทดลองในการศึกษาหาชนิดของสารตกตะกอนที่เหมาะสมในการทำเต้าหู้แข็ง

3. <u>ศึกษาชนิดของแป้งที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงคุณภาพของเต้าหู้แข็ง</u> โดยการนำตะกอนเต้าหู้ที่ได้จากการตกตะกอนด้วย $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ในปริมาณ 0.4

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

เปอร์เซ็นต์ ผสมด้วยแป้งต่างชนิดกันดังนี้ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งสาลี ในปริมาณที่แตกต่างกัน

ขั้นตอนการทดลอง

3.1 แบ่งตะกอนของเต้าหู้ที่ตกตะกอนด้วย $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ในปริมาณ 0.4 เปอร์เซนต์ออกเป็น 5 ส่วนเท่า ๆ กัน โดยแต่ละส่วนจะ ผสมแป้งแต่ละชนิดในปริมาณที่แตกต่างกันคือ

ส่วนที่ 1 ผสมแป้งมันสำปะหลัง ปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ (w/w)
ส่วนที่ 2 ผสมแป้งมันสำปะหลัง ปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ (w/w)
ส่วนที่ 3 ผสมแป้งข้าวโพด ปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ (w/w)
ส่วนที่ 4 ผสมแป้งข้าวโพด ปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ (w/w)
ส่วนที่ 5 ผสมแป้งสาลี ปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ (w/w)

3.2 ผสมกลูกเคล้าแป้งให้เข้ากับตะกอนเต้าหู้ นำส่วนผสมที่ได้ไปอัดในบล็อคใช้เวลา 2 ชั่วโมง

3.3 นำก้อนเต้าหู้ที่ได้ไปนึ่งที่อุณหภูมิ 60 °ซ. นาน 20 นาที

3.4 ทิ้งไว้เย็นแล้วหั่นเป็นชิ้นหนาประมาณ 1 ม.ม.

3.5 ตากแดดประมาณ 8–9 ชั่วโมง

3.6 นำเต้าหู้ที่แห้งแล้วทอดในน้ำมันอุณหภูมิ 195 °ซ.

3.7 หาเปอร์เซนต์การพองตัวของผลิตภัณฑ์ โดยวัดขนาดความกว้าง ความยาวและความหนาของผลิตภัณฑ์ ก่อนทอดและหลังทอดนำค่าที่ได้เปรียบเทียบหาเปอร์เซนต์การพองตัว

3.8 ทดสอบผลิตภัณฑ์หลังทอดด้วยประสาทสัมผัส โดยศึกษาถึงสี ลักษณะเนื้อ และกลิ่นรส ประเมินผลด้วยวิธี Hedonic Scale

4. ศึกษาสูตรในการปรุงแต่งกลิ่นรส ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเต้าหู้แข็ง โดยการนำเต้าหู้ทอดที่มีคุณลักษณะดีที่สุด จากข้อ 3 มาผสมคลุกเคล้าด้วย ส่วนผสมต่าง ๆ 4 สูตร

ขั้นตอนการทดลอง

4.1 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทอดแบ่งออกเป็น 4 ส่วน

4.2 นำแต่ละส่วนผสมคลุกเคล้ากับส่วนผสมสูตรต่าง ๆ โดยนำเต้าหู้ที่ทอดแล้วลงกระทะให้ความร้อนเล็กน้อยใช้ทัพพีคนตลอดเวลา ค่อย ๆ หยดน้ำมันที่ผสมส่วนผสมทั้งหมดแล้วลงบนผลิตภัณฑ์ผสมคลุกเคล้าให้ทั่วปล่อยให้เย็นตัว

สูตรส่วนผสมที่ใช้ทดลอง

| | | | |
|---|---|---|---|
| สูตร 1 | เกลือ | 0.5 | เปอร์เซ็นต์ |
| | น้ำตาล | 2 | เปอร์เซ็นต์ |
| | น้ำมันพืช | 10 | เปอร์เซ็นต์ |
| | ผงชูรส | 0.2 | เปอร์เซ็นต์ |
| | TBHQ | 0.02 | เปอร์เซ็นต์ (ของน้ำมัน) |
| สูตร 2 | เกลือ | 1 | เปอร์เซ็นต์ |
| | น้ำตาล | 3 | เปอร์เซ็นต์ |
| | น้ำมันพืช | 10 | เปอร์เซ็นต์ |
| | ผงชูรส | 0.2 | เปอร์เซ็นต์ |
| | TBHQ | 0.02 | เปอร์เซ็นต์ (ของน้ำมัน) |
| สูตร 3 | เกลือ | 2 | เปอร์เซ็นต์ |
| | น้ำตาล | 4 | เปอร์เซ็นต์ |
| | น้ำมันพืช | 10 | เปอร์เซ็นต์ |
| | ผงชูรส | 0.2 | เปอร์เซ็นต์ |
| | TBHQ | 0.02 | เปอร์เซ็นต์ (ของน้ำมัน) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| สูตร 4 | เกลือ | 0.5 | เปอร์เซ็นต์ |
| | * น้ำตาล | 3 | เปอร์เซ็นต์ |
| | น้ำมันพืช | 10 | เปอร์เซ็นต์ |
| | ผงชูรส | 0.2 | เปอร์เซ็นต์ |
| | TBHQ | 0.02 | เปอร์เซ็นต์ (ของน้ำมัน) |

* น้ำตาล 3 เปอร์เซนต์ นี้จะใส่ในเนื้อเต้าหู้พร้อมกับแป้งแล้วจึงอัดเป็นก้อนและนำไปนึ่ง

4.3 ทดสอบด้วยประสาทสัมผัส โดยศึกษาถึงลักษณะเนื้อและกลิ่นรส ประเมินผลด้วยวิธี Hedonic scale

5. <u>ศึกษาอายุการเก็บรักษา (Shelf life) ของผลิตภัณฑ์</u> ทดลองโดยเก็บผลิตภัณฑ์ ซึ่งเติมสาร TBHQ เป็นสารกันหืนในสภาพบรรยากาศแล้วตรวจเช็คกลิ่นรสและค่า Peroxide Value

ขั้นตอนการทดลอง

5.1 นำผลิตภัณฑ์ที่ปรุงแต่งรสชาดแล้วบรรจุในถุงพลาสติก ถุงละ 100 กรัม ปิดผนึกให้แน่น เพื่อป้องกันความชื้นและอากาศจากภายนอกเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

5.2 ทดสอบความกรอบของผลิตภัณฑ์ก่อนเก็บและหลังเก็บ 0, 7 และ 14 วัน ตามลำดับ

5.3 ทดสอบกลิ่นหืนโดยเปรียบเทียบกันระหว่างก่อนเก็บรักษาและหลังเก็บ 0, 7 และ 14 วัน ตามลำดับ

5.4 ดูการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ในช่วงการเก็บ 0, 7 และ 14 วันตามลำดับ

5.5 วิเคราะห์ค่า Peroxide Value โดย Titration Method (28.025, AOAC; 1984)

6. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของ Snack food จากเต้าหู้แข็ง นำผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมาทดสอบโดยวิเคราะห์หา

6.1 วิเคราะห์หา โปรตีนโดย Kjeldahl method (2.055, AOAC, 1984)

6.2 วิเคราะห์หาไขมัน โดยวิธี Sovent Extraction

6.3 วิเคราะห์หา ความชื้นโดยวิธี Air Oven method (14.004, AOAC, 1984)

6.4 วิเคราะห์หาเถ้า โดยวิธี Direct method (14.006, AOAC, 1984)

# ผลการทดลองและวิจารณ์

## 1. ผลการทดลองหาชนิดของสารตกตะกอนที่เหมาะสม

การทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวตกตะกอนของสารตกตะกอนต่าง ๆ ซึ่งมี $CaCl_2$ ,$CaSO_4$ , $(CH_3COO)_2Ca$,$MgSO_4$ และ $CH_3COOH$ โดยใช้ปริมาตร, ความชื้น, ความแข็ง, ลักษณะเนื้อและสีของเต้าหู้เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพ

จากตารางที่ 6 ปริมาณของสารตกตะกอนแต่ละชนิด จะใช้ในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งในปริมาณขนาดที่ใช้นี้สามารถทำให้ น้ำนมถั่วเหลืองเกิดตกตะกอนได้ โดยเมื่อเติมสารตกตะกอนลงไปในน้ำนมถั่วเหลืองแล้ว pH ของน้ำนมถั่วเหลืองจะลดลง โดยทั่วไป pH ของน้ำนมถั่วเหลืองประมาณ 6.9 เมื่อเติมสารตกตะกอนลงไป pH ในช่วงที่เกิดตะกอนจะประมาณ 6.4-6.5

การใช้ $CaCl_2$ ในปริมาณ 0.2 เปอร์เซนต์ เป็นตัวตกตะกอน จะมีโปรตีนเหลือในน้ำเวย์ 1.03 เปอร์เซนต์ จะได้เต้าหู้ปริมาณ 160 กรัม มีความชื้น 74.47 เปอร์เซนต์ ความแข็ง 108.40 กรัม จะเห็นว่าความสามารถในการตกตะกอนต่ำ ตะกอนโปรตีนที่ได้ค่อนข้างละเอียด เมื่อนำไปอัดเป็นก้อนเต้าหู้ ได้เต้าหู้ที่มีเนื้อละเอียด มีความอ่อน เมื่อเทียบกับเต้าหู้ที่ได้จากสารตกตะกอนตัวอื่น จะเห็นว่าเป็นเต้าหู้ที่อ่อนที่สุด

ตารางที่ 6 ผลการทดลองการตกตะกอนเต้าหู้ด้วยสารตกตะกอนชนิดต่าง ๆ

| สารที่ใช้ตกตะกอน | ปริมาณ(ก) สารตกตะกอน (%) | pH ที่ตกตะกอน | ปริมาณเต้าหู้ที่ได้(ข) (กรัม) | ความชื้นของเต้าหู้ (%) | %โปรตีน เต้าหู้ | %โปรตีน น้ำเวย์ | ความแข็ง(ค) (กรัม) | สี |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| กรดอะซิติก $CH_3COOH$ | 0.1 | 5.2 | 160 | 71.75 | 14.99 | 0.72 | 193.57 | ขาวนวล |
| แคลเซียมคลอไรด์ $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ | 0.2 | 6.4 | 160 | 74.47 | 12.67 | 1.03 | 108.40 | ขาวนวล |
| แคลเซียมอะซีเตท $(CH_3COO)_2Ca$ | 0.3 | 6.5 | 151 | 74.99 | 13.74 | 0.87 | 413.90 | ขาวนวล |
| แคลเซียมซัลเฟต $CaSO_4 \cdot 7H_2O$ | 0.4 | 6.4 | 130 | 73.62 | 13.37 | 1.02 | 137.87 | ขาวนวล |
| แมกนีเซียมซัลเฟต $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ | 0.4 | 6.5 | 160 | 77.54 | 11.66 | 0.73 | 260.00 | ขาวนวล |

(ก) ปริมาณสารเป็นเปอร์เซนต์ของน้ำหนักน้ำนมถั่วเหลือง (w/w)

(ข) น้ำหนักของเต้าหู้เป็นกรัมได้จากน้ำนมถั่วเหลือง 1 ลิตร

(ค) ค่าเฉลี่ย 3 จุดจากชิ้นเต้าหู้

สำหรับการใช้ $CaSO_4$ ในปริมาณ 0.4 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวตกตะกอนปริมาณโปรตีนที่เหลือในน้ำเวย์ประมาณ 1.02 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำตะกอนโปรตีนมาอัดเป็นก้อนเต้าหู้จะได้เต้าหู้ 130 กรัม มีความชื้น 73.62 เปอร์เซ็นต์ และมีความแข็ง 137.87 กรัม จะเห็นได้ว่าความสามารถในการตกตะกอนต่ำลักษณะของตะกอนโปรตีนค่อนข้างละเอียด เมื่ออัดเป็นก้อนเต้าหู้ ได้เต้าหู้ที่มีลักษณะคล้ายกับเต้าหู้ที่ได้จากการตกตะกอนโดย $CaCl_2$

การใช้ $(CH_3COO)_2Ca$ ในปริมาณ 0.3 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนที่เหลือในน้ำเวย์ประมาณ 0.87 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำตะกอนโปรตีนอัดเป็นก้อนเต้าหู้ ได้เต้าหู้ 150 กรัม มีความชื้น 74.99 เปอร์เซ็นต์ และมีความแข็ง 413.90 กรัม เห็นได้ว่า $(CH_3COO)_2Ca$ มีความสามารถในการตกตะกอนสูง ตะกอนที่ได้จับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ เมื่อนำไปอัดเป็นก้อน ทำให้ได้เต้าหู้ที่แข็งและมีเนื้อหยาบ

การใช้ $MgSO_4$ ในปริมาณ 0.4 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนที่เหลือในน้ำเวย์ประมาณ 0.73 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำตะกอนโปรตีนอัดเป็นก้อนเต้าหู้จะได้เต้าหู้ 160 กรัม มีความชื้น 77.54 เปอร์เซ็นต์ และมีความแข็ง 260.00 กรัม เห็นได้ว่า $MgSO_4$ มีความสามารถในการตกตะกอนสูง ตะกอนที่ได้จับตัวเป็นก้อนเล็ก ๆ เพื่ออัดตะกอนเป็นก้อนจะได้เต้าหู้ที่มีความแข็งปานกลาง เนื้อเต้าหู้เกาะตัวกันแน่น มีความยืดหยุ่นพอประมาณ ซึ่งเป็นลักษณะของเนื้อเต้าหู้ที่ดีที่สุดและต้องการนำไปใช้ทดลองต่อ ๆ ไป

การใช้ $CH_3COOH$ ในปริมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนที่เหลือในน้ำเวย์ประมาณ 0.72 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำตะกอนโปรตีนอัดเป็นก้อนจะได้เต้าหู้ 160 กรัม มีความชื้น 71.75 เปอร์เซนต์ และมีความแข็ง 193.57 กรัม จะเห็นว่า $CH_3COOH$ เป็นสารที่มีความสามารถในการตกตะกอนได้สูงและสามารถตกตะกอนได้เร็วแต่ตะกอนที่ได้มีขนาดใหญ่ เมื่อนำไปอัดเป็นก้อนเต้าหู้ สามารถกำจัดน้ำออกได้มาก เนื้อเต้าหู้ที่ได้จะไม่เกาะตัวแตกหักง่าย

<u>ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้</u> แสดงในตารางที่ 7

จากการชิมเต้าหู้แข็งที่ได้จากสารตกตะกอนชนิดต่าง ๆ ของผู้ชิม 5 คน โดยใช้วิธีการชิมแบบ Hedonic Scale เพื่อทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับ

จากตารางที่ 7 ในเรื่องสี $CaSO_4$ ได้คะแนนเฉลี่ย 6.4 ซึ่งสูงกว่าเต้าหู้ที่ตกตะกอนด้วยสารตัวอื่นคือ $MgSO_4$ , $(CH_3COO)_2$ Ca, $CaCl_2$ และ $CH_3COOH$ ซึ่งได้คะแนนเฉลี่ย 6.0, 6.0, 5.2 และ 5.2 ตามลำดับ และจากการคำนวณทางสถิติเต้าหู้ที่ได้จากสารตกตะกอนทั้ง 5 ชนิด จะมีสีที่แตกต่างกันเล็กน้อยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องสี, กลิ่นรส, ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับของเต้าหู้ที่ตกตะกอนโดย $CaCl_2$, $CaSO_4$, $(CH_3COO)_2Ca$ และ $CH_3COOH$

| คุณลักษณะของเต้าหู้ที่ใช้สารตกตะกอนต่างชนิดกัน | คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $CaCl_2$ | $CaSO_4$ | $(CH_3COO)_2Ca$ | $MgSO_4$ | $CH_3COOH$ | F |
| สี | 5.2 | 6.4 | 6.0 | 6.0 | 5.2 | 0.44 NS. |
| กลิ่นรส | 5.8 | 5.6 | 5.4 | 5.6 | 4.0 | 0.94 NS. |
| ลักษณะเนื้อ | 4.6 | 5.8 | 5.2 | 6.6 | 3.6 | 2.77 NS. |
| การยอมรับ | 3.0 | 4.2 | 3.6 | 4.6 | 2.8 | 0.61 NS. |

ระดับคะแนนที่ใช้ 1-3 ชอบน้อย, 4-6 ชอบปานกลาง, 7-9 ชอบมาก

NS. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

กลิ่นรสของเต้าหู้ที่ตกตะกอนด้วย $CaCl_2$, $CaSO_4$ , $MgSO_4$ , $(CH_3COO)_2$ Ca และ $CH_3COOH$ ได้คะแนนเฉลี่ย 5.8, 5.6, 5.6, 5.4 และ 4.0 เรียงตามลำดับและมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ลักษณะเนื้อเต้าหู้ที่ตกตะกอนด้วย $MgSO_4$ , $CaSO_4$ , $(CH_3COO)_2$ Ca, $CaCl_2$ และ $CH_3COOH$ ได้คะแนนเฉลี่ย 6.6, 5.8, 5.2, 4.6 และ 3.6 เรียงตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การยอมรับเต้าหู้ที่ตกตะกอนด้วย $MgSO_4$ , $CaSO_4$ . $(CH_3COO)_2$ Ca, $CaCl_2$ และ $CH_3COOH$ ได้คะแนนเฉลี่ย 4.6, 4.2, 3.6, 3.0 และ 2.8 เรียงตามลำดับและแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส จะเห็นได้ว่า $MgSO_4$ ให้ผลในการตกตะกอนโปรตีนได้ดีที่สุด แม้ในเรื่องสีจะมีคะแนนเฉลี่ยรองจาก $CaSO_4$ และในเรื่องกลิ่นรส จะมีคะแนนเฉลี่ยรองจาก $CaCl_2$ ก็ตาม แต่ก็มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. <u>ผลการทดลองหาปริมาณของสารตกตะกอนที่เหมาะสม</u>

การทดลองหาปริมาณที่เหมาะสมของสารที่ใช้ในการตกตะกอน โดยใช้ $MgSO_4$ เป็นตัวตกตะกอน

จากตารางที่ 8 การใช้ $MgSO_4$ ในปริมาณ 0.2 เปอร์เซนต์ จะไม่ทำให้เกิดตะกอนเต้าหู้ทั้งนี้เนื่องจาก pH ในช่วงตกตะกอนยังสูงถึง 6.9 การใช้ $MgSO_4$ ในปริมาณ 0.3 เปอร์เซนต์ จะทำให้เกิดตะกอนเต้าหู้แต่ความสามารถในการตกตะกอนต่ำ ซึ่งดูได้จากปริมาณโปรตีนที่เหลืออยู่ในน้ำเวย์ยังคงสูงอยู่ เมื่อนำตะกอนมาอัดเป็นก้อนเต้าหู้แล้ว จะได้เต้าหู้ที่อ่อน ส่วนการใช้ $MgSO_4$ ในปริมาณ 0.4 เปอร์เซนต์ ตกตะกอนจะทำให้ความสามารถในการตกตะกอนสูงคือมีปริมาณโปรตีนที่เหลือในน้ำเวย์น้อย เนื้อเต้าหู้ที่ได้จะมีความแข็งปานกลาง สำหรับ

ในปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ จะมีความสามารถในการตกตะกอนเท่าเทียมกับการใช้ $MgSO_4$ ปริมาณ 0.4 เปอร์เซนต์ แต่เมื่อนำตะกอนมาอัดเป็นก้อนเต้าหู้ที่ได้จะมีความแข็งกว่าส่วนสีของเต้าหู้ที่ได้จากการตกตะกอนของสารตกตะกอนในปริมาณที่แตกต่างกันทั้งสามตัวอย่างนั้น จะไม่มีความแตกต่างกันคือ เต้าหู้ที่ได้จะมีสีขาวนวล

ดังนั้นจึงเลือกใช้ $MgSO_4$ 0.4 เปอร์เซ็นต์ เป็นปริมาณสารตกตะกอนเต้าหู้เพราะจะให้เต้าหู้ที่มีปริมาณมาก และไม่แข็งกระด้างจนเกินไป

ตารางที่ 8 ผลการทดลองการตกตะกอนเต้าหู้ด้วย $MgSO_4$ ในปริมาณที่แตกต่างกัน

| %(w/w) $MgSO_4$ | pH | น.น.เต้าหู้(ก) กรัม | % โปรตีน ใน whey | ความแข็งของเต้าหู้ | สีของเต้าหู้ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.2 | 6.9 | - | - | - | - |
| 0.3 | 6.5 | 130 | 1.73 | 166.33 | ขาว |
| 0.4 | 6.5 | 150 | 0.72 | 313.26 | ขาว |
| 0.5 | 6.5 | 145 | 0.72 | 364.17 | ขาว |

(ก) น.น.เต้าหู้ที่ได้จากน้ำนมถั่วเหลือง 1 ลิตร

3. ผลการทดลองหาชนิดของแป้งที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงคุณภาพเต้าหู้

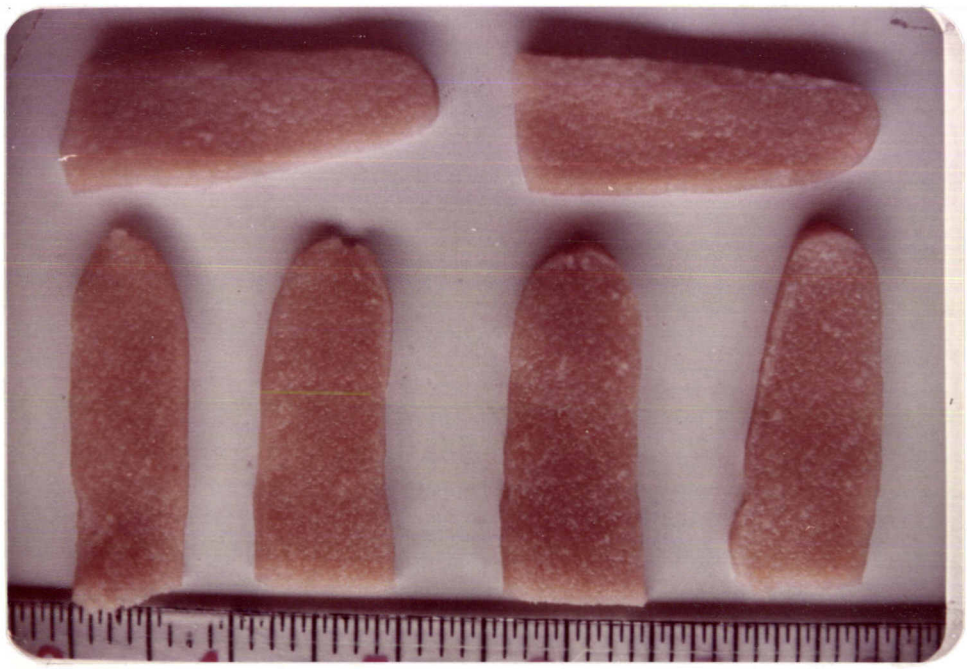
3.1 เปอร์เซ็นต์การพองตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผสมด้วยแป้งชนิดต่าง ๆ ผลการทดลองจากตารางที่ 9 จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ผสมด้วยแป้งมันสำปะหลังเมื่อผ่านการทอดแล้ว จะมีเปอร์เซ็นต์การพองตัวสูงซึ่งเปอร์เซนต์การพองตัวจะสูงตามปริมาณของแป้งที่ใช้ผสมลงไป โดยดูจากการใช้แป้งมันสำปะหลัง 15 เปอร์เซ็นต์ จะมีเปอร์เซ็นต์การพองตัว 11.23 x26.42 x17.25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้แป้งมันสำปะหลัง 30 เปอร์เซ็นต์ จะมีเปอร์เซ็นต์การพองตัวสูงถึง 17.27 x58.01 x 30.21 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการพองตัวจะสังเกตุเห็นได้ชัดจากภาพที่ 3

ส่วนแป้งที่มีลักษณะการพองตัวรองลงมาคือ แป้งข้าวโพด และแป้งที่ให้เปอร์เซ็นต์การพองตัวต่ำสุดคือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผสมด้วยแป้งสาลี

ตารางที่ 9 อัตราการพองตัวของของผลิตภัณฑ์ที่ผสมด้วยแป้งชนิดต่าง ๆ หลังทอด

| ชนิดและปริมาณแป้ง | อัตราการพองตัวของเนื้อภายหลังทอด (%) | | |
|---|---|---|---|
| | กว้าง | ยาว | หนา |
| แป้งมันสำปะหลัง 15 % | 11.23 | 26.42 | 17.25 |
| แป้งมันสำปะหลัง 30 % | 17.27 | 58.01 | 30.21 |
| แป้งข้าวโพด 15 % | 12.85 | 20.69 | 11.28 |
| แป้งข้าวโพด 30 % | 12.79 | 14.84 | 16.16 |
| แป้งสาลี 30 % | 2.83 | 15.15 | 12.75 |

ตัวอย่างที่หาอัตราการพองตัวนี้ทำ 3 ซ้ำ



ภาพที่ 2 ภาพแสดงลักษณะของเนื้อเต้าหู้ผสมแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ก่อนตากแห้ง

ภาพที่ 3 แสดงการพองตัวของเต้าหู้ที่ผสมแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการทอด

3.2 ทดสอบผลิตภัณฑ์หลังทอดด้วยประสาทสัมผัส ด้วยวิธี Hedonic Scale (ศิริลักษณ์, 2525)

จากการทดลองทำเต้าหู้ด้วยแป้งชนิดและปริมาณต่างกัน ซึ่งจะยังผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพที่ต่างกันด้วยโดยทำการทดลอง ทางด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับ ด้วยผู้ชิมจำนวน 8 คน ดังแสดงในตารางที่ 10 สีของอาหารว่าง จะเห็นได้ว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีแนวโน้มว่าแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ มีสีดีที่สุด รองลงมาได้แก่ แป้งข้าวโพดปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ แป้งมันสำปะหลังปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์, แป้งสาลีประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และแป้งข้าวโพดปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 7.125, 6.125, 6.00, 5.125 และ 4.5 ตามลำดับ ซึ่งก็แสดงว่าผู้ชิมนิยมอาหารว่างที่มีสีน้ำตาลออเมาก็ที่สุด

กลิ่นรส จะเห็นได้ว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีแนวโน้มว่าแป้งมันสำปะหลัง ปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์มีกลิ่นรสที่ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ แป้งมันสำปะหลังปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ , แป้งข้าวโพดปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ แป้งสาลีปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และแป้งข้าวโพดปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 6.5, 5.625, 5.5, 4.25 และ 4.0 ตามลำดับ ซึ่งกลิ่นรสที่ผู้ชิมนิยมคือ จะมีกลิ่นเต้าหู้เพียงเล็กน้อย

ลักษณะเนื้อสัมผัส จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ดังในตารางผนวกที่ 8 ซึ่งคะแนนการชิมลักษณะเนื้อสัมผัส แป้งมันสำปะหลังปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์, แป้งมันสำปะหลังปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์, แป้งข้าวโพดปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์, แป้งสาลีปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และแป้งข้าวโพดปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 7.625, 6.5, 6.0, 4.5 และ 4.0 ตามลำดับ ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารว่างที่ผู้ชิมนิยมคือ มีลักษณะเป็นรูพรุนภายในเนื้อ ที่จะทำให้เนื้อนุ่มน่ารับประทาน

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องสี, กลิ่นรส, ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับของเต้าหู้ที่ผสมด้วยแป้งต่างชนิดกัน

| คุณลักษณะของเต้าหู้ที่ผสมด้วยแป้งต่างชนิดกัน | คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | แป้งมันสำปะหลัง 15 % | แป้งมันสำปะหลัง 30 % | แป้งข้าวโพด 15 % | แป้งข้าวโพด 30 % | แป้งสาลี 30 % | F |
| สี | 6.00 | 7.13 | 4.50 | 6.13 | 5.13 | 1.7406 NS. |
| กลิ่นรส | 6.50 | 5.63 | 5.50 | 4.00 | 4.25 | 2.2234 NS. |
| ลักษณะเนื้อสัมผัส 1/ | 7.63$^{ก}$ | 6.50$^{กข}$ | 6.00$^{กข}$ | 4.00$^{ข}$ | 4.50$^{ข}$ | 5.0328 ** |
| การยอมรับ | 5.50 | 5.75 | 4.50 | 4.75 | 5.63 | 0.6753 NS. |

NS. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$)

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

การยอมรับ จะเห็นได้ว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ดังในตารางผนวกที่ 9 โดยมีแนวโน้มว่า แป้งมันสำปะหลังปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ มีผู้ยอมรับมากที่สุด รองลงมาคือ แป้งสาลีปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์, แป้งมันสำปะหลังปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์, แป้งข้าวโพดปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และแป้งข้าวโพดปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 5.75, 5.625, 5.5, 4.75 และ 4.5 ตามลำดับ ดังตารางที่ 10

จะเห็นได้ว่า ผู้ชิมให้คะแนนด้านสี ของเต้าหู้ที่ผสมแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์สูงที่สุด, กลิ่นรสผู้ชิมให้คะแนนเต้าหู้ที่ผสมแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์สูงที่สุด, ลักษณะเนื้อสัมผัส ผู้ชิมให้คะแนนเต้าหู้ที่ผสมแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์สูงที่สุด และคะแนนการยอมรับ ผู้ชิมให้คะแนนเต้าหู้ที่ผสมแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์สูงที่สุด ซึ่งนั่นก็แสดงว่าผู้ชิมชอบลักษณะของแป้งมันสำปะหลังมากที่สุด และคะแนนการยอมรับก็เลือกเต้าหู้ที่ผสมแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์มากที่สุด เพราะแป้งมันสำปะหลังให้ลักษณะเนื้อที่นุ่มกว่าทุกชนิด และเมื่อเติมในปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้อาหารว่างมีกลิ่นของเต้าหู้เบาบางลง จนเป็นที่นิยมของผู้ชิม ดังนั้นจึงเลือกเต้าหู้ที่ผสมแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์มาเคลือบปรุงแต่งรสชาด เพื่อให้เป็นที่นิยมแก่ผู้บริโภคต่อไป

4. ศึกษาสูตรในการปรุงแต่งกลิ่นรส Snack Food จากเต้าหู้

นำเต้าหู้ที่ได้คะแนนนิยมจากการชิมสูงที่สุดคือ เต้าหู้ที่ผสมแป้งมัน-สำปะหลังปริมาณ 30 เปอร์เซนต์มาทำการปรุงแต่งรสชาด ทั้งหมด 4 สูตร โดยใช้ผู้ชิมจำนวน 10 คน ทดสอบทางประสาทสัมผัสประเมินผลโดยวิธี Hedonic Scale ซึ่งได้ผลคะแนนเฉลี่ยดังในตารางที่ 11

ชิ้งสีของผลิตภัณฑ์จะเห็นได้ว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังตาราง-ผนวกที่ 10 โดยมีแนวโน้มว่า สูตรที่ 4 มีสีที่ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ สูตรที่ 3 , สูตร 2 และ สูตร 1 เท่ากับ 7.0, 5.9, 5.4 และ 5.2 ตามลำดับ ดังในตารางที่ 11

กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ จะเห็นได้ว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังในตารางผนวกที่ 11 ซึ่งคะแนนการชิม เรื่องกลิ่นรส ของสูตร 4, สูตร 3, สูตร 1 และสูตร 2 เท่ากับ 6.9,5.6, 5.5 และ 5.4 ตามลำดับ ดังในตารางที่ 11

ลักษณะเนื้อสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ จะเห็นได้ว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังในตารางผนวกที่ 12 โดยมีแนวโน้มว่า สูตร 4 มีลักษณะเนื้อสัมผัสดีที่สุด รองลงมาได้แก่ สูตร 1, สูตร 2, และสูตร 3 เท่ากับ 6.4, 5.8, 5.8 และ 5.6 ตามลำดับ ดังในตารางที่ 11

การยอมรับของผลิตภัณฑ์ จะเห็นได้ว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังในตารางผนวกที่ 13 ซึ่งคะแนนการชิมของการยอมรับของสูตร 4, สูตร 2, สูตร 3 และสูตร 1 เท่ากับ 7.0, 5.9, 5.4 และ 5.2 ตามลำดับ ดังในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่องสี, กลิ่นรส, ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับของผลิตภัณฑ์ที่ได้ปรุงแต่งรสด้วยส่วนผสม 4 สูตร

| คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ | คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง | | | | F |
|---|---|---|---|---|---|
| | สูตร 1 | สูตร 2 | สูตร 3 | สูตร 4 | |
| สี | 5.2 | 5.4 | 5.9 | 7.0 | 2.5709 NS. |
| กลิ่นรส 1/ | $5.5^{ก}$ | $5.4^{ก}$ | $5.6^{ก}$ | $6.9^{ข}$ | 2.7850 * |
| ลักษณะเนื้อสัมผัส | 5.8 | 5.8 | 5.6 | 6.4 | 0.6545 NS. |
| การยอมรับ 2/ | $5.2^{ก}$ | $5.9^{กขค}$ | $5.5^{กข}$ | $7.0^{ค}$ | 3.7830 * |

NS. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

1/, 2/ ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เห็นได้ว่าผู้ชิมให้คะแนนด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับจากสูตรที่ 4 มากที่สุด ซึ่งเป็นสูตรที่ ต้องผสมน้ำตาลลงในตะกอนเต้าหู้ โดยเติมลงไปพร้อมกับแป้งมันสำปะหลัง ขณะทอดสังเกตุได้ว่า ผลิตภัณฑ์จะสุกเร็ว และมีลักษณะภายนอกดี ทั้งนี้เนื่องจากการที่เติมน้ำตาลลงไปพร้อมกับแป้งเลย ทำให้การกระจายตัวของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ดีกว่าสูตรอื่น ๆ และน้ำตาลจะแทรกเข้าไปอยู่ในเนื้อของผลิตภัณฑ์อย่างทั่วถึงทำให้เมื่อนำไปทอด ความร้อนจากน้ำมันจะทำให้น้ำตาลสุกและเกิดสีได้สม่ำเสมอดีกว่าสูตรอื่น ๆ ที่มีน้ำตาลเคลือบอยู่ด้านนอก ซึ่งจะไปมีผลต่อการรับความร้อนของผลิตภัณฑ์ทำให้ความร้อนเข้าไปในผลิตภัณฑ์ได้ช้าและเกิดสีไม่สม่ำเสมอ และมีผลต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์ด้วย

5. <u>ศึกษาอายุการเก็บรักษา (Shelf life) ของผลิตภัณฑ์</u> จากการทดลองได้พบว่าในช่วงการนำเอาผลิตภัณฑ์เก็บไว้ 0, 7 และ 14 วัน จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านสี, ความกรอบและกลิ่นรส แต่จะมีค่า Peroxide Value สูงขึ้นเป็นลำดับตามตารางที่ 12 คือ 3.1, 4.3 และ5.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำมันตามลำดับ ซึ่งมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมได้ระบุ เรื่อง น้ำมันหรือไขมันที่ใช้บริโภค จะมีค่า Peroxide Value ได้ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำมันหรือไขมัน

แสดงว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณ Peroxide ในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นตลอดเวลา ดังนั้นการหลีกเลี่ยงหรือยับยั้งไม่ให้น้ำมันที่มีอยู่เกิดการหืนควรพิจารณาที่ภาชนะบรรจุเป็นสำคัญ โดยบรรจุในภาชนะที่ป้องกันการซึมเข้าของอากาศและความชื้นซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีคุณภาพเปลี่ยนแปลงไปและด้อยลงตลอดระยะเวลาที่ทำการเก็บรักษา

ตารางที่ 12 แสดงค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) ในผลิตภัณฑ์ช่วงเวลาต่าง ๆ

| วัน | ค่าระดับเปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำมัน) |
|---|---|
| 0 | 3.1 |
| 7 | 4.3 |
| 14 | 5.7 |

6. หาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์จากเต้าหู้แข็ง

โดยนำเอาผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคนิยมในรสชาดคือ จากการปรุงแต่งกลิ่นรสในสูตร 4 มาทำการหาองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 13 คือผลิตภัณฑ์ที่ได้มีโปรตีน 19.6 เปอร์เซ็นต์, ไขมัน 36.96 เปอร์เซ็นต์, ความชื้น 4.78 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 1.83 เปอร์เซ็นต์

สังเกตุได้ว่าอาหารว่างจากเต้าหู้แข็งนี้มีเปอร์เซนต์โปรตีนสูง ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งของโปรตีนได้ โดยปริมาณแป้งที่เติมนั้นทำให้โปรตีนลดลง แต่ก็เป็นการแก้ปัญหาเกี่ยวกับลักษณะเนื้อและกลิ่นของเต้าหู้ ส่วนปริมาณไขมันของอาหารว่างมีไขมันสูงถึง 36.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถ้ารับประทานจะเป็นการช่วยเพิ่มแคลลอรี่สำหรับเด็กที่ต้องการกำลังงานในการออกกำลังกายและเจริญเติบโต ส่วนความชื้นของผลิตภัณฑ์จะมีอยู่ต่ำทำให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน

ตารางที่ 13 แสดงคุณค่าทางอาหารของอาหารว่างจากเต้าหู้แข็ง

| องค์ประกอบ | เปอร์เซ็นต์ |
|---|---|
| โปรตีน | 19.6 |
| ไขมัน | 36.96 |
| ความชื้น | 4.78 |
| เถ้า | 1.83 |
| คาร์โบไฮเดรต | 36.83* |

* ได้มาจากการคำนวณ

ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารได้ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

## สรุปผลการทดลอง

ผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ได้จากเต้าหู้แข็ง โดยการนำตะกอนเต้าหู้ที่มีลักษณะดีมาผสมแป้ง แล้วนำไปทอดและปรุงแต่งด้วยส่วนผสมต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบ มีกลิ่นเต้าหู้ที่ไม่รุนแรงนักและมีรสชาดกลมกล่อม ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเช่นนี้สามารถทำได้จาก

1. มีตะกอนเต้าหู้ที่ลักษณะดีโดยได้จากการตกตะกอนน้ำนมถั่วเหลืองด้วย $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.4 เปอร์เซ็นต์ (w/w)

2. ลักษณะของเต้าหู้ที่ดีจะมีความแข็งปานกลางคือประมาณ 250 กรัม มีความยืดหยุ่นตัวพอสมควร และเนื้อจะเกาะตัวกันแน่น

3. แป้งที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพของเต้าหู้เพื่อเพิ่มความกรอบในผลิตภัณฑ์คือแป้งมันสำปะหลัง ปริมาณที่ใช้คือ 30 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อเต้าหู้

4. ผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาดกลมกล่อมมากที่สุด คือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการปรุงแต่งด้วยส่วนผสมสูตร 4 ซึ่งได้จากการผสมแป้งและน้ำตาล 3 เปอร์เซ็นต์ลงในตะกอนเต้าหู้พร้อมกันแล้วจึงนำไปนึ่งเมื่อผ่านการ ทอด แล้วคลุกเคล้าด้วย ส่วนผสมต่าง ๆ คือ เกลือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันพืช 10 เปอร์เซ็นต์ และผงชูรส 0.2 เปอร์เซ็นต์

ผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากเต้าหู้แข็งที่ได้นี้จะมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะโปรตีนและไขมันมีอยู่สูงคือ 19.6 และ 36.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งยังสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้านสี, กลิ่นรส และความกรอบ แต่ปริมาณ peroxide มีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา

## ข้อเสนอแนะ

1. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ มีกลิ่น น่ารับประทาน อาจจะมีการเติมกลิ่นสังเคราะห์จากแหล่งอื่นลงในเนื้อเต้าหู้เพื่อกลบกลิ่นเดิม

2. ควรมีการพิจารณาเรื่องภาชนะบรรจุที่จะใช้เก็บผลิตภัณฑ์ โดยให้สามารถป้องกันความชื้น และ อากาศภายนอกได้

# เอกสารอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 47-2516. เรื่องน้ำมันหรือไขมันที่ใช้บริโภค.

ประชา บุญญสิริกุล และอรพินท์ โทรกี, 2519 อาหาร กรุงเทพฯ : สมาคมคหกรรมศาสตร์แห่งประเทศไทย..

ประชา บุญญสิริกุล, เกษตรสแนค.. วารสารอาหาร 9(3) : 13-19

ประเสริฐ สายสิทธิ์ และคณะ, 2527 ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย กรุงเทพฯ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นฤดม บุญ-หลง , 2521 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 245 น.

สมชาย ประภาวิต และคณะ 2525 การศึกษาถึงชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของตัวตกตะกอนต่าง ๆ ในการทำเต้าหู้หลอด รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 20 กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริลักษณ์ สินชวาลัย , 2525 ทฤษฎีอาหาร เล่ม 3 กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุดม กาญจนปกรณ์ชัยและสมชาย ประภาวัต , 2519 การทำเต้าหู้ วารสารวิทยาศาสตร์การอาหาร (1) : 39-46

(ต่อ)

Kim, J.C. and D. de Ruiter, 1969. Bakery product with non-wheat flour. The bakery Digest 43 (3)

Knight, J.W. 1969. The starch industry. Pergamon Press. London.

Lowe, Belle 1966. Experimental Cookery. John wiley and Sons, Inc. New York.

Matz, S.A. 1959. The chemistry and Technology of Cereal as Food and Feed. Easton Pensylvania : U.S.A. Mark Printing Company.

Matz. S.A. 1976. Snack Food Technology. Westport Connectical. The AVI Publishing Company Inc.

Max Milner, 1978 Dr. World Protein Resources : The Need and Research Challenge International Soya Protein Food Conference, Republish of Singapore forward 25-27.

Sand Steat, R.M. 1965. Fifty year of progress in starch chemistry. Cereal Science Today 10 : 305-313.

Shih, C.Y. 1918. Beans and Soybean product. Biol Dept, Soochow Univ, Shanghai Chaina.

Smith, A.K.,and Circle S.J. 1895. Soybeans : Chemistry and technology AVI publishing Co., Westport.

(ต่อ)

Vidal, Amanda J. and Bienvernido O. Juliano 1967. Comparative composition of waxy and non-waxy rice. Cereal chemistry 44: 86-91 .

Whistler, Roy L. and E.F. 1967. Starch Chemistry and Technology. Volume I. Acadamic.Press.New York.

# ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อ.....เพศ.....

วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างเรียงตามลำดับ และบ้วนปากทุกครั้งหลังชิมเสร็จแต่ละตัวอย่าง

| | |
|---|---|
| 9 คะแนน ชอบมากที่สุด | 4 คะแนน ไม่ชอบเล็กน้อย |
| 8 คะแนน ชอบมาก | 3 คะแนน ไม่ชอบปานกลาง |
| 7 คะแนน ชอบปานกลาง | 2 คะแนน ไม่ชอบมาก |
| 6 คะแนน ชอบน้อย | 1 คะแนน ไม่ชอบมากที่สุด |
| 5 คะแนน เฉย ๆ | |

| ลักษณะ \ ตัวอย่าง | | | | |
|---|---|---|---|---|
| สี | | | | |
| กลิ่นรส | | | | |
| ลักษณะเนื้อ | | | | |
| การยอมรับ | | | | |

คำวิจารณ์

ตารางผนวกที่ 2 แสดงการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสีของเต้าหู้ โดยสารตกตะกอนต่างกันคือ $CaCl_2$, $CaSO_4$, $(CH_3COO)_2Ca$, $MgSO_4$ และ $CH_3COOH$

| SOV | df | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| TREATMENT | 4 | 5.76 | 1.44 | 0.44 NS. |
| ERROR | 20 | 64.80 | 3.24 | |
| TOTAL | 24 | 70.56 | | |

NS. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นรสของเต้าหู้ โดยใช้สารตกตะกอนต่างกันคือ $CaCl_2$ , $CaSO_4$ , $(CH_3COO)_2Ca$, $MgSO_4$ และ $CH_3COOH$

| SOV | df | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| TREATMENT | 4 | 10.64 | 2.66 | 0.94 NS. |
| ERROR | 20 | 56.40 | 2.82 | |
| TOTAL | 24 | 67.04 | | |

NS. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ โดยใช้สารตกตะกอนต่างกันคือ $CaCl_2$ , $CaSO_4$ , $(CH_3COO)_2Ca$, $MgSO_4$ และ $CH_3COOH$

| SOV | df | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| TREATMENT | 4 | 26.16 | 6.54 | 2.72 NS. |
| ERROR | 20 | 49.20 | 2.36 | |
| TOTAL | 24 | 73.36 | | |

NS. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเกี่ยวกับการยอมรับเต้าหู้ที่ผลิตได้ โดยใช้สารตกตะกอนต่างกันคือ $CaCl_2$ , $CaSO_4$ , $(CH_3COO)_2Ca$,$MgSO_4$ และ $CH_3COOH$

| SOV | df | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| TREATMENT | 4 | 13.84 | 3.46 | 0.61 NS. |
| ERROR | 20 | 113.6 | 5.68 | |
| TOTAL | 24 | 127.44 | | |

NS. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 6 แสดงการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสีของอาหารว่างจากเต้าหู้ผสมกับแป้งชนิดต่างกันคือ แป้งมันสำปะหลัง 15% แป้งมันสำปะหลัง 30%, แป้งข้าวโพด 15 %, แป้งข้าวโพด 30%, แป้งสาลี 30% โดยยังไม่ได้ปรุงแต่รสชาด

| SOV | df | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| TREATMENT | 4 | 32.3499 | 8.0875 | 1.7406 NS. |
| ERROR | 35 | 162.625 | 4.6464 | |
| TOTAL | 39 | 194.975 | | |

NS. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 7 แสดงการวิเคราะห์ค่าทางถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นรสของอาหารว่างจากเต้าหู้ผสมกับแป้งชนิดต่างกันคือ แป้งมันสำปะหลัง 15%, แป้งมันสำปะหลัง 30%, แป้งข้าวโพด 15%, แป้งข้าวโพด 30%, แป้งสาลี 30% โดยยังไม่ได้ปรุงแต่งรสชาด

| SOV | df | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| TREATMENT | 4 | 34.3999 | 8.5999 | 2.2234 NS. |
| ERROR | 35 | 135.375 | 3.8678 | |
| TOTAL | 39 | 169.775 | | |

NS. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 8 แสดงการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารว่างจากเต้าหู้ผสมกับแป้งชนิดต่างกันคือ แป้งมันสำปะหลัง 15%, แป้งมันสำปะหลัง 30%, แป้งข้าวโพด15%, แป้งข้าวโพด 30%, แป้งสาลี 30% โดยยังไม่ได้ปรุงแต่งรสชาด

| SOV | df | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| TREATMENT | 4 | 70.0999 | 17.525 | 5.0328** |
| ERROR | 35 | 121.875 | 3.4821 | |
| TOTAL | 39 | 191.975 | | |

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการชิม เรื่อง ลักษณะเนื้อสัมผัสอาหารว่างจากเต้าหู้ผสมกับแป้งชนิดต่าง ๆ โดยยังไม่ได้ปรุงแต่งรสชาด โดยวิธี Duncan's new multiple range test.

| $T_4$ | $T_5$ | $T_3$ | $T_2$ | $T_1$ |
|---|---|---|---|---|
| 4.0 | 4.5 | 6.0 | 6.5 | 7.625 |

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ($P < 0.01$) ส่วนค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 9 แสดงการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านการยอมรับของอาหารว่างจากเต้าหู้ผสมกับแป้งชนิดต่างกันคือ แป้งมัน-สำปะหลัง 15%, แป้งมันสำปะหลัง 30%, แป้งข้าวโพด 15%, แป้งข้าวโพด 30%, แป้งสาลี 30% โดยยังไม่ได้ปรุงแต่งรสชาด

| SOV | df | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| TREATMENT | 4 | 10.0999 | 2.5249 | 0.6753 NS. |
| ERROR | 35 | 130.875 | 3.7393 | |
| TOTAL | 39 | 140.975 | | |

NS. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 10 แสดงการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสี ของอาหารว่างจากเต้าหู้ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 30% ที่ปรุงแต่งรสชาด

| SOV | df | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| TREATMENT | 3 | 19.4750 | 6.4916 | 2.5709 NS. |
| ERROR | 36 | 90.8999 | 2.5249 | |
| TOTAL | 39 | 110.375 | | |

NS. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 11 แสดงการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นรสของอาหารว่างจากเต้าหู้ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 30% ที่ปรุงแต่งรสชาด

| SOV | df | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| TREATMENT | 3 | 14.9 | 4.9666 | 2.7850 * |
| ERROR | 36 | 64.1999 | 1.7833 | |
| TOTAL | 39 | 79.0999 | | |

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการชิมเรื่องกลิ่นรส อาหารว่างจากเต้าหู้ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 30% ที่ปรุงแต่งรสชาด โดยวิธี Duncan's new multiple range test.

| $T_2$ | $T_1$ | $T_3$ | $T_4$ |
|---|---|---|---|
| 5.4 | 5.5 | 5.6 | 6.9 |

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 12 แสดงการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารว่างจากเต้าหู้ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 30% ที่ปรุงแต่งรสชาดด้วยเครื่องปรุงแตกต่างกัน

| SOV | df | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| TREATMENT | 3 | 3.9 | 1.2 | 0.6545 NS. |
| ERROR | 36 | 65.9999 | 1.8333 | |
| TOTAL | 39 | 69.8999 | | |

NS. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 13 แสดงการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านการยอมรับอาหารว่างจากเต้าหู้ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 30% ที่ปรุงแต่งรสชาดด้วยเครื่องปรุงแตกต่างกัน

| SOV | df | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| TREATMENT | 3 | 18.6 | 6.2 | 3.7830 * |
| ERROR | 36 | 58.9999 | 1.6389 | |
| TOTAL | 39 | 77.5999 | | |

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการชิม เรื่องการยอมรับอาหารว่างจากเต้าหู้ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 30 เปอร์เซ็นต์ ที่ปรุงแต่งรสชาด

| $T_1$ | $T_3$ | $T_2$ | $T_4$ |
|---|---|---|---|
| 5.2 | 5.5 | 5.9 | 7.0 |

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

<u>วิธีการหาอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์ที่ผสมด้วยแป้งชนิดและปริมาณต่างกัน</u>

1. วัดขนาด ความกว้าง, ความยาวและความหนาของชิ้นเต้าหู้ที่ผสมด้วยแป้งชนิดต่าง ๆ ที่ตากแห้งแล้วก่อนทอด

2. นำไปทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 195 °ซ. เวลา 5 วินาทีแล้วนำขึ้นปล่อยทิ้งให้เย็นแล้ววัดขนาด ความกว้าง, ความยาว, ความหนา

3. นำมาคำนวณจากสูตร

$$\text{เปอร์เซนต์การพองตัว} = \frac{B-A}{A} \times 100$$

A = ความกว้าง, ความยาวหรือความหนาของผลิตภัณฑ์ก่อนทอด

B = ความกว้าง, ความยาวหรือความหนาของผลิตภัณฑ์หลังทอด

การวิเคราะห์หา Peroxide value ในไขมัน โดย Titration Method (28.025, AOAC; 1984)

1. สกัดไขมันในผลิตภัณฑ์แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No 4.
2. ชั่งไขมันประมาณ 5± 0.5 กรัมใส่ลงใน flask 250 ml. เติม Acetic acid Chloroform solution 30 ml. แล้วเขย่าละลายให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วจึงเติม saturated potassium iodide solution 0.5 ml. ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที พร้อมเขย่าเป็นครั้งคราว
3. นำสารละลายไปเติมน้ำกลั่น 30 ml. แล้วเขย่าให้เข้ากันพร้อมเติม 1 เปอร์เซนต์ starch solution 0.5 ml.
4. นำไปไตเตรทกับสารละลาย $Na_2S_2O_3$ standard
5. ทำ blank
6. คำนวณ

$$\text{Peroxide Value (mg peroxide/kg sample)} = \frac{(S-B)xNx1000}{\text{gm sample}}$$

S = จำนวน ml. ของ standard $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง

B = จำนวน ml. ของ standard $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไตเตรท blank

N = Normolity ของ $Na_2S_2O_3$

<u>การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน</u> โดยวิธี Covent Extraction

1. นำเอาตัวอย่างมาบดให้ละเอียด

2. นำตัวอย่างใส่ลงใน thimble และปิดด้านบนของตัวอย่างด้วยสำลีที่ปราศจากไขมัน

3. อุปกรณ์ที่ใช้สกัดไขมันออกจากตัวอย่างมีชื่อว่า Soxhlet extractor นำ thimble ที่บรรจุตัวอย่างแล้วใส่ลงใน extraction tube และประกอบ extraction tube เข้ากับ Soxhlet flask

4. ตวง anhydrous ether ลงใน Soxhlet flask โดยให้ไหลผ่าน thimble

5. การสกัดจำเป็นต้องให้ความร้อนแก่ Soxhlet flask ซึ่งอาจใช้ Water-bath หรือ heating mantle ก็ได้ โดยจะต้องปรับจนกระทั่ง ether สามารถระเหยเป็นไอ ควบแน่นและหยดลงบนตัวอย่างต่อเนื่องกันหรือประมาณ 150 หยดต่อนาที สกัดไขมันนาน 16 ชั่วโมงหรือนานกว่า

6. นำเอา ether ที่ละลายไขมันที่สกัดได้ไปไล่เอาส่วนของ ether ออกด้วย Vaccuum evaporator ถ้าไม่มีอุปกรณ์ดังกล่าวก็สามารถกระทำได้โดยการเทเอา ether extract ผ่านกรวยแก้วที่มีสำลีที่สะอาดเป็นตัวกรองรองรับ ether extract ด้วยปีกเกอร์ที่แห้ง สะอาด และทราบน้ำหนักที่แน่นอน

7. ล้าง Soxhlet flask ด้วย ether ใหม่หลายครั้งจนแน่ใจว่า ether extract ไม่หลงเหลืออยู่

8. นำ ether extract ที่ผสมรวมกับ ether ที่ล้าง Soxhlet flask ไประเหยเอาส่วนของ ether ออกกระทำใน hood ใช้ Water-bath ที่มีอุณหภูมิ 100 °ซ.นาน 1 ชั่วโมง หรือจนไล่ ether ออกไปหมด

9. เช็ดปีกเกอร์ให้แห้ง ชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซนต์ไขมัน} = \frac{C-D}{A} \times 100$$

เมื่อ A เป็นน้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

C เป็นน้ำหนักของบีกเกอร์ + ether extract

D เป็นน้ำหนักของบีกเกอร์ + น้ำหนักทั้งหมดหลังจากระเหย ether ออกไป

การหาปริมาณโปรตีน (Protein) โดยวิธี Kjeldahl method (2.055, AOAC; 1984)

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.3 กรัมลงใน Micro - Kjeldahl flask
2. เติม Selenium mixture ($Se : CuSO_4 : K_2SO_4 = 1:10:100$)
3. เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น 10 มิลลิลิตร
4. นำไปย่อยโดยค่อย ๆ เพิ่มความร้อนจนกระทั่งได้สารละลายใส ทิ้งให้เย็นแล้วใส่น้ำกลั่นล้างข้าง ๆ flask เพื่อไล่บางส่วนที่ยังไม่ถูกย่อยลงไป แล้วนำไปย่อยใหม่อีกครั้งจนได้สารละลายใส
5. ทิ้งให้เย็น แล้วนำไปกลั่น

5.1 ใช้สารละลาย boric acid 4 % เติม Indicator (methyl red : methylene blue = 2:1) 1–2 หยดเป็นตัวรองรับสิ่งที่กลั่นได้

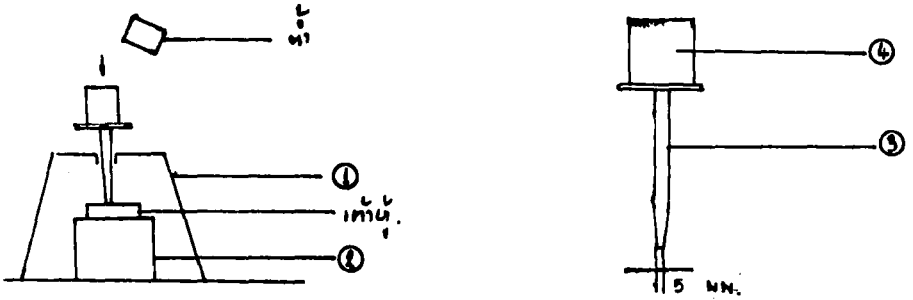
5.2 นำสิ่งที่กลั่นได้มาไตเตรทกับสารละลายกรดซัลฟูริคมาตรฐาน 0.05 N แล้วนำไปคำนวณหาเปอร์เซนต์โปรตีนในสูตร

$$\% \text{ โปรตีน} = \frac{(\text{มิลลิลิตร } H_2SO_4 \text{ ของตัวอย่าง} - \text{blank}) \times \text{Normality} \times 14 \times 5.8}{1000 \times \text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

6. เตรียม blank วิธีเดียวกับข้างต้น แต่ไม่ใส่ตัวอย่าง

การหาความแข็งของเต้าหู้

ใช้หลักการคือ ใช้น้ำหนักกดทับจนกระทั่งเต้าหู้ไม่สามารถรับแรงกดทับนั้นได้ โดยจะใช้เครื่องมือที่มีลักษณะดังในภาพที่ 4




ภาพที่ 4 เครื่องมือทดสอบความแข็งของเต้าหู้

ส่วนประกอบของเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

1. ขาหยั่งจะเป็นตัวบังคับให้แท่งกดอยู่ในแนวดิ่ง ทำด้วยเหล็ก ซึ่งจะเป็นอิสระกับแท่งกดจึงไม่มีผลในการกดทับ

2. แป้นรองรับเต้าหู้

3. แท่งกด จะทำด้วยไม้ ด้านที่สัมผัสกับเต้าหู้จะมีขนาด กว้าง× ยาว เท่ากัน 5 x 5 ม.ม.

4. ตัวรองรับน้ำหนักกด ซึ่งน้ำหนักที่ใช้จะใช้น้ำ ดังนั้นตัวรองรับน้ำหนักที่เหมาะสมควรจะเป็นแก้ว

วิธีการใช้เครื่องมือทดสอบ

1. นำก้อนเต้าหู้ที่ต้องการวัดความแข็งวางไว้บนแป้นรอง

2. ค่อย ๆ เพิ่มน้ำหนักกด เพื่อความสะดวกน้ำหนักที่ใช้ควรใช้น้ำ เพิ่มน้ำหนักจนกระทั่งสามารถทำให้ผิวเต้าหู้แตกออกจากกัน

3. นำน้ำหนักที่กดทับทั้งหมดไปชั่งจะได้ค่าความแข็งออกมาเป็นกรัม

4. ในการทดสอบจะทำการวัดความแข็งของเต้าหู้ 3 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ย

วิธีการหาปริมาณเถ้า (Determination of ash) โดยวิธี Direct method (14.006, AOAC; 1984)

1. ชั่งตัวอย่างมาประมาณ 5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องที่อบ 550° ซ. ประมาณ 30 นาทีแล้ว และรู้น้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างพร้อมถ้วยกระเบื้อง

3. นำไปอบที่อุณหภูมิ 102-105° ซ. เป็นเวลา 20-24 ชั่วโมง หรือจะอบที่อุณหภูมิ 130° ซ. เวลา 2-3 ชั่วโมงก็ได้ (กรณีได้หาน้ำหนักแห้งมาแล้วสามารถเก็บตัวอย่างไว้สำหรับหาปริมาณเถ้าได้)

4. นำตัวอย่างที่อบแล้วใส่ในเตา (Muffle Furnance) อุณหภูมิ 590-650° ซ. ใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้ตัวอย่างที่เป็นสีขาวหรือสีเทา

5. นำตัวอย่างออกจากเตา นำไปทำให้เย็นในโถดูดแก้ว (Dessicator) จนได้น้ำหนักคงที่ จึงนำออกมาชั่ง

วิธีคำนวณ

1. หาน้ำหนักเปียกของตัวอย่าง คือน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องรวมตัวอย่างลบ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง (A)

2. หาน้ำหนักของเถ้า คือน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องรวมกับเถ้าลบด้วยน้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง (B)

$$\text{เปอร์เซนต์} = \frac{100 \times B}{A}$$

การวิเคราะห์ความชื้น ( Moisture content ) โดยวิธี Air Oven method ( 14.004, AOAC, 1984)

1. อบ Aluminium dish พร้อมฝาที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง
2. นำใส่ desiccator ทิ้งให้เย็น 30 นาที
3. ชั่งน้ำหนัก Aluminium dish และฝา
4. ชั่งตัวอย่างใส่ลง dish พร้อมฝา
5. นำไปอบในตู้อบ 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก จนกระทั่งน้ำหนักลดลงไม่ต่ำกว่า 2 มิลลิกรัม desiccator
7. คำนวณความชื้นตามสมการ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{100 (W_1 - W_2)}{W_1 - W}$$

$W$ = น้ำหนัก Aluminium dish พร้อมฝา (กรัม)

$W_1$ = น้ำหนัก Aluminium dish พร้อมฝา + น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

$W_2$ = น้ำหนัก Aluminium dish พร้อมฝา + น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)