# บทที่ 4

# ผลการทดลอง

## 4.1 การศึกษาเบื้องต้นเพื่อหาพันธุ์ขนุนที่เหมาะสมต่อการแช่เยือกแข็ง

เลือกขนุน 3 พันธุ์คือ พันธุ์เหลืองบางเตย จำปากรอบ และทองสุดใจ ที่เป็นขนุนแก่จัดมีดัชนีการเก็บเกี่ยว 270 – 300 วัน หลังจากดอกบาน มาศึกษาลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และคุณภาพของยวงขนุน ได้ผลดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** ลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และคุณภาพของยวงขนุนสดต่างพันธุ์

| พันธุ์ / คุณภาพ | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | |
|---|---|---|---|
| | เหลืองบางเตย | จำปากรอบ | ทองสุดใจ |
| ทางกายภาพ | | | |
| ปริมาณเนื้อขนุน (%yield) | $34.45^{b} \pm 1.74$ | $38.75^{a} \pm 1.12$ | $34.10^{b} \pm 0.98$ |
| ขนาดยวง (น้ำหนักกรัม/10 ยวง) | $315.95^{a} \pm 13.21$ | $244.52^{b} \pm 16.62$ | $253.63^{b} \pm 15.45$ |
| ความหนาของเนื้อ (เซนติเมตร)$^{ns}$ | $0.538 \pm 0.034$ | $0.485 \pm 0.027$ | $0.503 \pm 0.041$ |
| ความแน่นของเนื้อสัมผัส (N) | $51.55^{a} \pm 1.63$ | $40.05^{c} \pm 1.07$ | $46.20^{b} \pm 0.94$ |
| สีขนุน | L $76.85^{a} \pm 1.46$ | L $69.07^{b} \pm 1.17$ | L $75.35^{a} \pm 1.66$ |
| | a $-4.44^{c} \pm 0.22$ | a $+11.61^{a} \pm 0.22$ | a $-3.74^{b} \pm 0.17$ |
| | b $+38.51^{a} \pm 0.44$ | b $+37.50^{b} \pm 0.26$ | b $+38.54^{a} \pm 0.35$ |
| ทางเคมี | | | |
| ปริมาณความชื้น (%) | $76.69^{a} \pm 1.79$ | $72.17^{b} \pm 1.56$ | $75.48^{a} \pm 1.52$ |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix) | 22 – 29 | 22 – 27 | 22 – 26 |
| ปริมาณกรดทั้งหมด (% acidity) | $0.28^{b} \pm 0.02$ | $0.35^{a} \pm 0.03$ | $0.25^{b} \pm 0.02$ |
| pH$^{ns}$ | $5.26 \pm 0.20$ | $5.20 \pm 0.18$ | $5.45 \pm 0.11$ |

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวนอนเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการศึกษาหาพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการแช่เยือกแข็ง นอกจากศึกษาลักษณะทางกายภาพ เคมี และคุณภาพของยวงขนุนสดพันธุ์ต่างๆ ยังได้ศึกษาลักษณะคุณภาพของยวงขนุนหลังละลายน้ำแข็ง และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนุนที่แช่เยือกแข็งโดยวิธีพ่นอากาศเย็น ได้ผลดังตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

**ตารางที่ 4.2** ลักษณะคุณภาพของยวงขนุนหลังละลายน้ำแข็ง

| คุณภาพ | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | |
|---|---|---|---|
| | เหลืองบางเตย | จำปากรอบ | ทองสุดใจ |
| % freezing loss | $0.62^{b} \pm 0.02$ | $0.84^{a} \pm 0.04$ | $0.58^{b} \pm 0.03$ |
| % thawing loss | $0.30^{b} \pm 0.01$ | $0.56^{a} \pm 0.04$ | $0.26^{b} \pm 0.01$ |
| ความแน่นของเนื้อสัมผัส (N) | $72.52^{a} \pm 0.57$ | $41.42^{c} \pm 0.56$ | $65.20^{b} \pm 0.69$ |
| สีขนุน | L $67.43^{b} \pm 0.20$ | L $57.37^{c} \pm 0.30$ | L $68.14^{a} \pm 0.48$ |
| | a $-3.76^{c} \pm 0.21$ | a $+12.56^{a} \pm 0.19$ | a $-2.69^{b} \pm 0.15$ |
| | b $+37.78^{c} \pm 0.48$ | b $+40.64^{a} \pm 0.48$ | b $+39.36^{b} \pm 0.44$ |

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวนอนเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการทดสอบคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีของขนุนทั้ง 3 พันธุ์ ก่อนแช่เยือกแข็ง พบว่าทางด้านกายภาพ ขนุนพันธุ์จำปากรอบมีปริมาณเนื้อขนุน (% yield) สูงที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากพันธุ์เหลืองบางเตย และพันธุ์ทองสุดใจ ขณะที่ขนาดยวงพันธุ์เหลืองบางเตยมีขนาดใหญ่กว่าพันธุ์อื่นๆ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาความหนาของเนื้อทุกพันธุ์ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ด้านความแน่นของเนื้อสัมผัส พบว่าพันธุ์เหลืองบางเตยมีความแน่นของเนื้อสัมผัสสูงที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ทองสุดใจ และพันธุ์จำปากรอบ ($p \leq 0.05$) ในด้านสียวง พบว่าพันธุ์เหลืองบางเตย และพันธุ์ทองสุดใจสียวงเป็นสีเหลือง ขณะที่พันธุ์จำปากรอบเป็นสีส้มแดง เมื่อทดสอบคุณภาพทางเคมี พบว่าปริมาณความชื้นพันธุ์เหลืองบางเตย และพันธุ์ทองสุดใจไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ขณะที่พันธุ์จำปากรอบมีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) ในด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ พบว่าพันธุ์เหลืองบางเตยมีค่าอยู่ในช่วง 22 – 29 °Brix พันธุ์จำปากรอบอยู่ในช่วง 22 – 27 °Brix พันธุ์ทองสุดใจอยู่ในช่วง 22 – 26 ° Brix เมื่อพิจารณาปริมาณกรดทั้งหมด พบว่าพันธุ์จำปากรอบมีปริมาณกรดสูงที่สุดแตกต่างจากพันธุ์เหลืองบางเตย และพันธุ์ทองสุดใจ ($p \leq 0.05$) ขณะที่ pH

ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาลักษณะคุณภาพของขนุนแช่เยือกแข็งหลังละลายน้ำแข็ง ดังตารางที่ 4.2 พบว่าเปอร์เซ็นต์ freezing loss และเปอร์เซ็นต์ thawing loss พันธุ์เหลืองบางเตย และพันธุ์ทองสุดใจต่ำกว่าพันธุ์จำปากรอบอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนความแน่นของเนื้อสัมผัสหลังละลายน้ำแข็งของขนุนพันธุ์เหลืองบางเตยมีค่าสูงสุด สำหรับสีขนุน พบว่าขนุนพันธุ์ทองสุดใจมีค่าความสว่าง (L) สูงที่สุด ส่วนสีแดง (a) และสีเหลือง (b) พันธุ์จำปากรอบมีค่าสูงที่สุด ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 4.3** คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของขนุนต่างพันธุ์ที่แช่เยือกแข็งโดยวิธีพ่นอากาศเย็น

| พันธุ์ขนุน | คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สีเหลือง | กลิ่นขนุน | ความหวาน | ลักษณะเนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
| เหลืองบางเตย | $7.16^{a} \pm 0.55$ | $6.85^{b} \pm 0.54$ | $7.29^{a} \pm 0.61$ | $6.34^{b} \pm 0.45$ | $7.16^{a} \pm 0.45$ |
| จำปากรอบ | $5.52^{c} \pm 0.34$ | $7.06^{a} \pm 0.41$ | $7.05^{b} \pm 0.37$ | $4.98^{c} \pm 0.43$ | $6.39^{b} \pm 0.53$ |
| ทองสุดใจ | $6.34^{b} \pm 0.50$ | $5.77^{c} \pm 0.37$ | $5.18^{c} \pm 0.38$ | $6.57^{a} \pm 0.54$ | $5.58^{c} \pm 0.47$ |

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์คะแนนทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของพันธุ์ต่อคะแนนสีเหลือง กลิ่นขนุน ความหวาน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ($p \leq 0.05$) โดยพันธุ์เหลืองบางเตยได้คะแนนการยอมรับในด้านสีเหลือง ความหวาน และความชอบโดยรวมสูงที่สุด

จากการทดสอบคุณภาพทางกาย ทางเคมี และคุณภาพของยวงขนุนทั้ง 3 พันธุ์ ก่อนการแช่เยือกแข็ง และหลังละลายน้ำแข็ง รวมถึงการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าขนุนพันธุ์เหลืองบางเตยมีคุณภาพในด้านต่างๆ ดีกว่าพันธุ์อื่นๆ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกขนุนพันธุ์เหลืองบางเตยเป็นพันธุ์ที่ใช้ในงานทดลองขั้นต่อไป

## 4.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมวัตถุดิบก่อนแช่เยือกแข็ง

จากการศึกษาในข้อ 4.1 สรุปได้ว่าขนุนพันธุ์เหลืองบางเตย เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมที่สุดในการแช่เยือกแข็ง และใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป เนื่องจากขนุนพันธุ์ดังกล่าวมีลักษณะ

ทางกายภาพและคุณภาพของยวงที่ดี กล่าวคือ มีความแน่นของเนื้อสัมผัสก่อนการแช่เยือกแข็งสูง มีค่าความสว่าง (L) สีเหลือง (b) สูงกว่าพันธุ์อื่นๆ นอกจากนี้คุณภาพของขนุนหลังการละลายน้ำแข็ง เช่น เปอร์เซ็นต์ freezing loss เปอร์เซ็นต์ thawing loss ต่ำ แต่ความแน่นของเนื้อสัมผัสหลังการละลายมีค่าสูงกว่าพันธุ์อื่น ($p \leq 0.05$) ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าขนุนพันธุ์ดังกล่าวมีคะแนนสียวง ความหวาน และความชอบโดยรวมสูงที่สุด ดังนั้นจึงนำขนุนพันธุ์ดังกล่าวมาวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณของขนุนสด เพื่อศึกษาคุณภาพวัตถุดิบก่อนทดลองขั้นต่อไป ได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** องค์ประกอบโดยประมาณของขนุนสดพันธุ์เหลืองบางเตย

| องค์ประกอบโดยประมาณ | ค่าเฉลี่ย* ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|---|---|
| ความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก) | 75.74 ± 0.50 |
| โปรตีน (ร้อยละโดยน้ำหนัก) | 2.67 ± 0.06 |
| ไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก) | 1.24 ± 0.06 |
| เถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก) | 1.19 ± 0.07 |
| เส้นใยหยาบ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) | 0.95 ± 0.06 |
| คาร์โบไฮเดรต | 18.21** |
| น้ำตาลรีดิวซ์ (g/100 g) | 3.65 ± 0.08 |

* ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

** by difference

คัดเลือกขนุนพันธุ์เหลืองบางเตยที่แก่จัด ดัชนีการเก็บเกี่ยว 270 – 300 วัน นับตั้งแต่ดอกบานจนผลแก่ ตัดผลที่แก่แต่ยังไม่สุกมาจากสวน ต.บางเตย อ.สามพราน จ.นครปฐม นำมาบ่มที่อุณหภูมิห้อง 4 – 5 วัน โดยใช้กระสอบคลุม ควบคุมวัตถุดิบโดยพิจารณาจากความหนาของยวง ความแน่นของเนื้อสัมผัส ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ สีและกลิ่น เมื่อครบกำหนดขนุนสุก แกะยวง และเมล็ดออก นำยวงขนุนสดดังกล่าวแช่สารละลาย แบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ

- กลุ่มที่ 1 แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 1 และ 2 %w/v นาน 30 นาที
- กลุ่มที่ 2 แช่สารละลายซูโครสความเข้มข้น 30 40 และ 50 °Brix นาน 1 ชั่วโมง

- กลุ่มที่ 3 แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 1 และ 2 %w/v นาน 30 นาที จากนั้นนำมาแช่สารละลายซูโครสความเข้มข้น 30 40 และ 50 °Brix นาน 1 ชั่วโมง
- กลุ่มที่ 4 ไม่แช่สารละลายใดๆ ถือเป็นกลุ่มตัวอย่างควบคุม จากนั้นนำขนุนแต่ละกลุ่มไปแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค โดยใช้ไนโตรเจนเหลวเป็นสารให้ความเย็น แล้วบรรจุตัวอย่างใส่ถุงบรรจุแบบสุญญากาศเก็บในตู้แช่ที่อุณหภูมิ $-18 \pm 1^{\circ}C$ เป็นเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพ โดยวัดเปอร์เซ็นต์ freezing loss เปอร์เซ็นต์ thawing loss ค่าความแน่นของเนื้อสัมผัส ค่าสี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ผล ดังตารางที่ 4.5 – 4.20 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 4.5** สมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้นต่างกัน (0.5 – 2 %) เทียบกับตัวอย่างควบคุม

| ความเข้มข้นสารละลาย $CaCl_2$ | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Freezing loss$^{ns}$ (%) | Thawing loss(%) | Shear force หลังแช่สารละลาย (N) | Shear force หลังละลายน้ำแข็ง (N) | สีหลังละลายน้ำแข็ง | | |
| | | | | | L | a$^{ns}$ | b |
| ตัวอย่างควบคุม* | 0.46± 0.02 | 0.23$^{c}$± 0.02 | 53.65$^{c}$± 1.82 | 86.05$^{c}$± 2.45 | 63.61$^{b}$±0.24 | –4.44± 0.24 | +42.64$^{b}$± 0.32 |
| 0.5% w/v | 0.46± 0.04 | 0.23$^{c}$± 0.01 | 75.36$^{b}$± 1.90 | 92.25$^{b}$± 1.75 | 71.76$^{a}$±0.76 | –4.39± 0.23 | +44.43$^{a}$± 0.41 |
| 1 % w/v | 0.48± 0.02 | 0.27$^{b}$± 0.02 | 77.75$^{b}$± 1.74 | 102.44$^{a}$±4.69 | 71.91$^{a}$±0.64 | –4.50± 0.19 | +44.64$^{a}$± 0.39 |
| 2 % w/v | 0.49± 0.03 | 0.33$^{a}$± 0.02 | 81.14$^{a}$± 2.73 | 105.78$^{a}$±3.53 | 72.08$^{a}$±0.38 | –4.68± 0.24 | +44.83$^{a}$± 0.41 |

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ขนุนสดแกะเมล็ดแล้วแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคทันที

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ต่อเปอร์เซ็นต์ thawing loss ค่า shear force หลังแช่สารละลาย ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็ง ค่าความสว่าง (L) สีเหลือง (b) ของขนุนแช่เยือกแข็ง ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ freezing loss และสีเขียว (–a) โดยพบว่าขนุนที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นสูงมีเปอร์เซ็นต์ thawing loss ค่า shear force หลังแช่สารละลาย ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็งสูง ขณะที่ค่าความสว่าง (L) และสีเหลือง (b) ในทุกๆ ความเข้มข้นจะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 4.6** คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (0.5 – 2%) ความเข้มข้นต่างกัน เทียบกับตัวอย่างควบคุม

| ความเข้มข้นสารละลาย $CaCl_2$ | คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สีเหลือง | กลิ่นขนุน | ความหวาน $^{ns}$ | ลักษณะเนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
| ตัวอย่างควบคุม* | $7.39^{b} \pm 0.68$ | $7.06^{a} \pm 0.59$ | $4.99 \pm 0.45$ | $6.10^{c} \pm 0.50$ | $6.16^{c} \pm 0.53$ |
| 0.5% w/v | $7.76^{a} \pm 0.73$ | $5.84^{b} \pm 0.48$ | $5.02 \pm 0.49$ | $6.62^{b} \pm 0.56$ | $6.61^{b} \pm 0.49$ |
| 1% w/v | $7.83^{a} \pm 0.70$ | $5.81^{b} \pm 0.59$ | $5.04 \pm 0.56$ | $7.20^{a} \pm 0.67$ | $6.95^{a} \pm 0.53$ |
| 2% w/v | $7.87^{a} \pm 0.71$ | $5.66^{b} \pm 0.62$ | $5.20 \pm 0.49$ | $7.35^{a} \pm 0.65$ | $6.84^{a} \pm 0.63$ |

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ขนุนสดแกะเมล็ดแล้วแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคทันที

จากการวิเคราะห์คะแนนทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคะแนนสีเหลือง กลิ่นขนุน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ เมื่อความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์สูงขึ้น คะแนนสีเหลือง ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีคะแนนการยอมรับสูงขึ้น ขณะที่คะแนนกลิ่นขนุนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับขนุนที่ไม่ได้แช่สารละลาย

เมื่อพิจารณาทั้ง 2 ด้านประกอบกัน จะพบว่าความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1% w/v เป็นความเข้นข้นที่เหมาะสมที่สุด แต่ผู้บริโภคมีข้อเสนอแนะว่าที่ความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1% w/v มีรสชาติเริ่มจะขมเฝื่อนลิ้น ดังนั้นจึงเป็นเหตุให้ผู้วิจัยได้ทดลองเพื่อขยายช่วงหาความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด ในการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ โดยแปรความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ให้อยู่ในช่วง 0.5 – 1 %w/v โดยแปรเป็น 0.6 0.75 และ 0.9 %w/v จากนั้นนำขนุนไปแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค แล้วนำตัวอย่างใส่ถุงบรรจุแบบสุญญากาศเก็บในตู้แช่ที่อุณหภูมิ –18 $\pm$ 1°C เป็นเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้นนำมาประเมินคุณภาพโดยหาเปอร์เซ็นต์ freezing loss เปอร์เซ็นต์ thawing loss ค่าความแน่นของเนื้อสัมผัส ค่าสี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ผล ดังตารางที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 4.7** สมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (0.6 – 0.9%) ความเข้มข้นต่างกัน เทียบกับตัวอย่างควบคุม

| ความเข้มข้นสารละลาย $CaCl_2$ | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Freezing loss$^{ns}$ (%) | Thawing loss (%) | Shear force หลังแช่สารละลาย (N) | Shear force หลังละลายน้ำแข็ง (N) | สีหลังละลายน้ำแข็ง | | |
| | | | | | L | a$^{ns}$ | b |
| ตัวอย่างควบคุม* | 0.46±0.02 | 0.22$^{b}$ ± 0.01 | 54.36$^{b}$ ± 3.09 | 86.62$^{b}$ ± 4.80 | 63.92$^{b}$±0.26 | –4.39±0.12 | +42.67$^{b}$±0.16 |
| 0.6 % w/v | 0.46± 0.03 | 0.22$^{b}$± 0.02 | 74.27$^{a}$± 3.19 | 90.16$^{b}$± 4.18 | 71.15$^{a}$±0.29 | –4.37±0.12 | +44.11$^{a}$±0.15 |
| 0.75 % w/v | 0.47 ±0.03 | 0.24$^{ab}$± 0.02 | 76.04$^{a}$± 3.41 | 95.03$^{ab}$± 5.26 | 71.19$^{a}$±0.22 | –4.49±0.13 | +44.19$^{a}$±0.16 |
| 0.9 % w/v | 0.50±0.03 | 0.27$^{a}$± 0.03 | 78.34$^{a}$ ± 2.59 | 99.13$^{a}$± 6.46 | 71.50$^{a}$±0.26 | –4.52±0.10 | +44.28$^{a}$±0.11 |

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ขนุนสดแกะเมล็ดแล้วแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคทันที

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อเปอร์เซ็นต์ thawing loss ค่า shear force หลังแช่สารละลาย ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็ง ค่าความสว่าง (L) และสีเหลือง (b) ของขนุนแช่เยือกแข็ง ($p \leq 0.05$) โดยขนุนที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีเปอร์เซ็นต์ thawing loss ค่า shear force หลังแช่สารละลาย ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็ง ค่าความสว่าง (L) และสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับขนุนที่ไม่แช่สารละลาย

**ตารางที่ 4.8** คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (0.6 – 0.9%) ความเข้มข้นต่างกัน เทียบกับตัวอย่างควบคุม

| ความเข้มข้นสารละลาย $CaCl_2$ | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สีเหลือง | กลิ่นขนุน | ความหวาน$^{ns}$ | ลักษณะเนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
| ตัวอย่างควบคุม* | $7.02^{b} \pm 0.53$ | $7.92^{a} \pm 0.61$ | $4.99 \pm 0.47$ | $6.04^{c} \pm 0.54$ | $6.11^{b} \pm 0.60$ |
| 0.6 % w/v | $7.23^{a} \pm 0.62$ | $7.56^{b} \pm 0.61$ | $5.10 \pm 0.50$ | $6.82^{b} \pm 0.55$ | $6.33^{ab} \pm 0.59$ |
| 0.75 % w/v | $7.29^{a} \pm 0.54$ | $7.48^{b} \pm 0.61$ | $5.13 \pm 0.51$ | $7.17^{a} \pm 0.52$ | $6.42^{a} \pm 0.63$ |
| 0.9 % w/v | $7.32^{a} \pm 0.58$ | $7.37^{b} \pm 0.62$ | $5.17 \pm 0.42$ | $7.28^{a} \pm 0.69$ | $6.16^{b} \pm 0.43$ |

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ขนุนสดแกะเมล็ดแล้วแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคทันที

จากการวิเคราะห์คะแนนทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อสีเหลือง กลิ่นขนุน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ($p \leq 0.05$) พบว่าคะแนนสีเหลือง ลักษณะเนื้อสัมผัส มีค่าเพิ่มขึ้น ขณะที่คะแนนกลิ่นขนุนจะมีค่าลดลง ส่วนคะแนนความชอบโดยรวม พบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.75% w/v มีคะแนนสูงสุด

เมื่อพิจารณาทั้ง 2 ด้านประกอบกัน จะพบว่าความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.75 %w/v เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ศึกษาต่อไป

**ตารางที่ 4.9** สมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้นต่างกัน เทียบกับตัวอย่างควบคุม

| ความเข้มข้นสารละลายซูโครส | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Freezing loss (%) | Thawing loss (%) | Shear force หลังแช่สารละลาย (N) | Shear force หลังละลายน้ำแข็ง (N) | สีหลังละลายน้ำแข็ง | | |
| | | | | | L | a | b |
| ตัวอย่างควบคุม* | $0.47^{c} \pm 0.03$ | $0.24^{b} \pm 0.02$ | $53.43^{c} \pm 1.69$ | $86.19^{b} \pm 2.77$ | $63.54^{a} \pm 0.23$ | $-4.47^{a} \pm 0.29$ | $+37.82^{b} \pm 0.96$ |
| 30°Brix | $0.53^{b} \pm 0.02$ | $0.23^{b} \pm 0.02$ | $56.76^{b} \pm 2.15$ | $91.26^{a} \pm 4.50$ | $63.44^{a} \pm 0.51$ | $-5.36^{b} \pm 0.16$ | $+39.58^{a} \pm 0.18$ |
| 40°Brix | $0.66^{a} \pm 0.03$ | $0.28^{a} \pm 0.03$ | $61.43^{a} \pm 2.05$ | $91.57^{a} \pm 2.83$ | $62.53^{b} \pm 0.49$ | $-5.54^{b} \pm 0.34$ | $+39.47^{a} \pm 0.50$ |
| 50°Brix | $0.69^{a} \pm 0.03$ | $0.31^{a} \pm 0.03$ | $63.34^{a} \pm 1.31$ | $91.83^{a} \pm 2.44$ | $61.36^{c} \pm 0.60$ | $-5.57^{b} \pm 0.07$ | $+39.39^{a} \pm 0.52$ |

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ขนุนสดแกะเมล็ดแล้วแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคทันที

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายซูโครสต่อเปอร์เซ็นต์ freezing loss เปอร์เซ็นต์ thawing loss ค่า shear force หลังแช่สารละลาย ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็ง ค่าความสว่าง (L) สีเขียว (–a) และสีเหลือง (b) ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าขนุนที่แช่สารละลายซูโครสความเข้มข้น 30°Brix มีเปอร์เซ็นต์ freezing loss เปอร์เซ็นต์ thawing loss ต่ำกว่าที่ความเข้มข้นสารละลายซูโครสอื่นๆ ($p \leq 0.05$) และค่าความสว่าง (L) มีค่าสูงสุด นอกจากนี้ขนุนที่แช่สารละลาย ค่า shear force หลังแช่สารละลาย ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับขนุนที่ไม่แช่สารละลายอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 4.10** คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายซูโครส ความเข้มข้นต่างกันเทียบกับตัวอย่างควบคุม

| ความเข้มข้นสารละลายซูโครส | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สีเหลือง | กลิ่นขนุน | ความหวาน | ลักษณะเนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
| ตัวอย่างควบคุม* | $7.91^{a} \pm 0.78$ | $7.46^{a} \pm 0.64$ | $5.34^{d} \pm 0.51$ | $6.08^{b} \pm 0.62$ | $6.60^{c} \pm 0.61$ |
| 30 °Brix | $7.46^{b} \pm 0.65$ | $7.41^{a} \pm 0.70$ | $6.81^{c} \pm 0.62$ | $6.73^{a} \pm 0.73$ | $7.58^{a} \pm 0.69$ |
| 40 °Brix | $6.92^{c} \pm 0.68$ | $7.34^{a} \pm 0.69$ | $7.24^{b} \pm 0.65$ | $6.52^{a} \pm 0.64$ | $7.24^{b} \pm 0.71$ |
| 50 °Brix | $6.74^{c} \pm 0.65$ | $6.37^{b} \pm 0.66$ | $7.56^{a} \pm 0.60$ | $6.16^{b} \pm 0.63$ | $6.65^{c} \pm 0.64$ |

a,b,c ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
* ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ขนุนสดแกะเมล็ดแล้วแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคทันที

จากการวิเคราะห์คะแนนทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายซูโครสต่อ สีเหลือง กลิ่นขนุน ความหวาน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละสายซูโครสเพิ่มสูงขึ้น คะแนนสีเหลือง และกลิ่นขนุนจะมีค่าลดลง ตรงข้ามกับคะแนนความหวานซึ่งมีค่าสูงขึ้น สำหรับลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ที่ความเข้มข้นของสารละลายซูโครส 30 °Brix มีคะแนนสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาทั้ง 2 ด้านประกอบกัน จะพบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายซูโครส 30 °Brix เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด ในการนำไปใช้ศึกษาเปรียบเทียบต่อไป

**ตารางที่ 4.11** สมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5% w/v แล้วแช่ในสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นต่างกัน เทียบกับตัวอย่างควบคุม

| ความเข้มข้นสาร ละลาย $CaCl_2$, ซูโครส | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Freezing loss (%) | Thawing loss$^{ns}$(%) | Shear force หลังแช่สาร ละลาย (N) | Shear force หลังละลาย น้ำแข็ง(N) | สีหลังละลายน้ำแข็ง | | |
| | | | | | L | a$^{ns}$ | b |
| ตัวอย่างควบคุม* | 0.45$^{c}$±0.03 | 0.24±0.01 | 53.48$^{b}$±1.58 | 86.23$^{C}$±2.28 | 63.49$^{b}$±0.29 | –4.50±0.28 | +37.57$^{a}$±0.97 |
| 0.5% w/v, 30°Brix | 0.57$^{b}$±0.02 | 0.24±0.02 | 71.79$^{a}$±2.76 | 102.39$^{a}$±2.90 | 68.91$^{a}$±0.89 | –4.59±0.13 | +36.68$^{b}$±0.30 |
| 0.5% w/v, 40°Brix | 0.60$^{b}$±0.03 | 0.24±0.02 | 71.23$^{a}$±2.28 | 98.65$^{a}$±3.12 | 68.74$^{a}$±0.84 | –4.80±0.43 | +36.65$^{b}$±0.37 |
| 0.5% w/v, 50°Brix | 0.81$^{a}$±0.02 | 0.25±0.02 | 70.90$^{a}$±2.33 | 93.66$^{b}$±2.40 | 68.10$^{a}$±0.52 | –4.99±0.27 | +36.62$^{b}$±0.31 |

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ขนุนสดแกะเมล็ดแล้วแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคทันที

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นเท่ากัน โดยใช้สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นสูงขึ้นต่อเปอร์เซ็นต์ freezing loss และค่า shear force หลังแช่สารละลายมีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับขนุนที่ไม่แช่สารละลาย ขณะที่ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็งมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายซูโครสเพิ่มขึ้น สำหรับในด้านความสว่าง (L) ทุกความเข้มข้นของการแช่สารละลายมีค่าสูงกว่าขนุนที่ไม่แช่สารละลาย ขณะที่สีเหลือง (b) มีค่าต่ำกว่า ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 4.12** คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 %w/v แล้วแช่ในสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นต่างกัน เทียบกับตัวอย่างควบคุม

| ความเข้มข้นสารละลาย $CaCl_2$, ซูโครส | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สีเหลือง | กลิ่นขนุน | ความหวาน | ลักษณะเนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
| ตัวอย่างควบคุม* | $7.19^{c} \pm 0.61$ | $7.75^{a} \pm 0.66$ | $5.71^{d} \pm 0.86$ | $6.14^{b} \pm 0.63$ | $6.47^{c} \pm 0.60$ |
| 0.5% w/v, 30°Brix | $7.93^{a} \pm 0.61$ | $7.04^{b} \pm 0.77$ | $6.56^{c} \pm 0.61$ | $6.53^{a} \pm 0.64$ | $7.27^{a} \pm 0.64$ |
| 0.5% w/v, 40°Brix | $7.68^{b} \pm 0.54$ | $6.65^{c} \pm 0.56$ | $7.02^{b} \pm 0.81$ | $6.28^{b} \pm 0.65$ | $6.85^{b} \pm 0.60$ |
| 0.5% w/v, 50°Brix | $7.50^{b} \pm 0.53$ | $6.03^{d} \pm 0.79$ | $7.77^{a} \pm 0.78$ | $6.02^{b} \pm 0.50$ | $6.21^{d} \pm 0.58$ |

a, b, c ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
* ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ขนุนสดแกะเมล็ดแล้วแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคทันที

จากการวิเคราะห์คะแนนทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่เท่ากัน โดยใช้สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นสูงขึ้น ต่อคะแนนสีเหลือง กลิ่นขนุน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมลดลง ยกเว้นคะแนนความหวานที่มีค่าเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) และพบว่าขนุนที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5%w/v แล้วแช่สารละลายซูโครส 30 °Brix มีคะแนนสีเหลือง ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาจากทั้ง 2 ด้านประกอบกันพบว่าการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.5 %w/v แล้วใช้สารละลายซูโครส 30 °Brix เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ศึกษาเปรียบเทียบต่อไป

**ตารางที่ 4.13** สมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1%w/v แล้วแช่ในสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นต่างกันเทียบกับตัวอย่างควบคุม

| ความเข้มข้นสารละลาย $CaCl_2$, ซูโครส | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Freezing loss (%) | Thawing loss (%) | Shear force หลังแช่สารละลาย (N) | Shear force หลังละลายน้ำแข็ง (N) | สีหลังละลายน้ำแข็ง | | |
| | | | | | L | $a^{ns}$ | b |
| ตัวอย่างควบคุม* | $0.46^{d}$±0.03 | $0.24^{c}$±0.01 | $53.58^{b}$±1.35 | $86.15^{c}$±2.17 | $63.64^{b}$±0.32 | –4.49±0.25 | $+37.65^{a}$±0.79 |
| 1% w/v, 30°Brix | $0.54^{c}$±0.03 | $0.24^{c}$±0.02 | $67.51^{a}$±3.68 | $104.85^{a}$±2.52 | $67.62^{a}$±0.68 | –4.53±0.12 | $+34.69^{b}$±0.88 |
| 1% w/v, 40°Brix | $0.66^{b}$±0.03 | $0.27^{b}$±0.01 | $66.90^{a}$±3.45 | $101.96^{ab}$±2.65 | $67.38^{a}$±0.61 | –4.70±0.21 | $+34.50^{b}$±0.94 |
| 1% w/v, 50°Brix | $0.80^{a}$±0.03 | $0.34^{a}$±0.02 | $64.66^{a}$±1.36 | $99.14^{b}$±2.96 | $67.11^{a}$±0.61 | –4.83±0.23 | $+34.24^{b}$±0.78 |

a, b, c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ขนุนสดแกะเมล็ดแล้วแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคทันที

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นเท่ากัน โดยใช้สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นสูงขึ้นต่อเปอร์เซ็นต์ freezing loss เปอร์เซ็นต์ thawing loss และค่า shear force หลังแช่สารละลายมีค่าสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับขนุนที่ไม่แช่สารละลาย ขณะที่ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็งมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายซูโครสเพิ่มขึ้น สำหรับในด้านความสว่าง (L) ทุกความเข้มข้นของการแช่สารละลายจะมีค่าสูงกว่าขนุนที่ไม่แช่สารละลาย ขณะที่สีเหลือง (b) มีค่าต่ำกว่า ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 4.14** คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1%w/v แล้วแช่ในสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นต่างกัน เทียบกับตัวอย่างควบคุม

| ความเข้มข้นสารละลาย $CaCl_2$, ซูโครส | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สีเหลือง | กลิ่นขนุน | ความหวาน | ลักษณะเนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
| ตัวอย่างควบคุม* | $7.01^{b} \pm 0.69$ | $7.70^{a} \pm 0.59$ | $5.90^{d} \pm 0.56$ | $6.20^{b} \pm 0.55$ | $6.54^{b} \pm 0.62$ |
| 1% w/v, 30°Brix | $7.67^{a} \pm 0.55$ | $7.28^{b} \pm 0.79$ | $6.44^{c} \pm 0.63$ | $6.74^{a} \pm 0.67$ | $7.08^{a} \pm 0.62$ |
| 1% w/v, 40°Brix | $7.50^{a} \pm 0.57$ | $6.73^{c} \pm 0.66$ | $7.20^{b} \pm 0.61$ | $6.54^{a} \pm 0.54$ | $6.72^{b} \pm 0.67$ |
| 1% w/v, 50°Brix | $7.20^{b} \pm 0.60$ | $6.25^{d} \pm 0.64$ | $7.77^{a} \pm 0.75$ | $6.25^{b} \pm 0.53$ | $6.30^{c} \pm 0.57$ |

a, b, c ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
* ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ขนุนสดแกะเมล็ดแล้วแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคทันที

จากการวิเคราะห์คะแนนทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นเท่ากัน โดยใช้สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นสูงขึ้น ต่อคะแนนสีเหลือง กลิ่นขนุน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมลดลง ยกเว้นคะแนนความหวานที่มีค่าเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) และพบว่าขนุนที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1%w/v แล้วแช่สารละลายซูโครส 30 °Brix มีคะแนนสีเหลือง ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาจากทั้ง 2 ด้านประกอบกัน พบว่าการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1%w/v แล้วใช้สารละลายซูโครส 30 °Brix เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ศึกษาเปรียบเทียบต่อไป

**ตารางที่ 4.15** สมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% w/v แล้วแช่ในสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นต่างกัน เทียบกับตัวอย่างควบคุม

| ความเข้มข้นสารละลาย $CaCl_2$, ซูโครส | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Freezing loss (%) | Thawing loss (%) | Shear force หลังแช่สารละลาย (N) | Shear force หลังละลายน้ำแข็ง (N) | สีหลังละลายน้ำแข็ง | | |
| | | | | | L | $a^{ns}$ | b |
| ตัวอย่างควบคุม* | $0.46^{c}$ ± 0.04 | $0.25^{d}$ ± 0.02 | $53.58^{b}$ ± 1.39 | $86.00^{b}$ ± 2.03 | $63.61^{b}$ ± 0.37 | –4.46±0.23 | $+37.47^{a}$±0.88 |
| 2% w/v, 30°Brix | $0.85^{b}$ ± 0.03 | $0.52^{c}$ ± 0.01 | $58.21^{a}$ ± 2.05 | $108.83^{a}$ ± 4.72 | $67.58^{a}$ ± 0.56 | –4.60±0.27 | $+34.31^{b}$±0.77 |
| 2% w/v, 40°Brix | $0.98^{a}$ ± 0.03 | $0.58^{b}$ ± 0.03 | $58.00^{a}$ ± 2.03 | $106.57^{a}$ ± 4.19 | $67.36^{a}$ ± 0.77 | –4.62±0.23 | $+34.21^{b}$±0.73 |
| 2% w/v, 50°Brix | $0.99^{a}$ ± 0.03 | $0.74^{a}$ ± 0.03 | $57.72^{a}$ ± 3.73 | $103.38^{a}$ ± 4.84 | $67.12^{a}$ ± 0.83 | –4.70±0.23 | $+34.04^{b}$±0.60 |

a, b, c ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ขนุนสดแกะเมล็ดแล้วแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคทันที

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นเท่ากัน โดยใช้สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นสูงขึ้นต่อเปอร์เซ็นต์ freezing loss เปอร์เซ็นต์ thawing loss และค่า shear force หลังแช่สารละลายมีค่าสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับขนุนที่ไม่แช่สารละลาย ขณะที่ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อความเข้มข้นของสารละลายซูโครสเพิ่มขึ้น

สำหรับในด้านความสว่าง (L) ทุกความเข้มข้นของการแช่สารละลายจะมีค่าสูงกว่าขนุนที่ไม่แช่สารละลาย ขณะที่สีเหลือง (b) มีค่าต่ำกว่า ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 4.16** คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% w/v แล้วแช่ในสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นต่างกัน เทียบกับตัวอย่างควบคุม

| ความเข้มข้นสารละลาย $CaCl_2$, ซูโครส | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สีเหลือง | กลิ่นขนุน | ความหวาน | ลักษณะเนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
| ตัวอย่างควบคุม* | $7.05^{c} \pm 0.52$ | $7.59^{a} \pm 0.73$ | $5.70^{d} \pm 0.67$ | $6.16^{c} \pm 0.61$ | $6.30^{b} \pm 0.43$ |
| 2% w/v,30°Brix | $7.76^{a} \pm 0.75$ | $6.95^{b} \pm 0.61$ | $6.11^{c} \pm 0.68$ | $6.99^{a} \pm 0.52$ | $6.81^{a} \pm 0.43$ |
| 2% w/v,40°Brix | $7.37^{b} \pm 0.60$ | $6.35^{c} \pm 0.61$ | $6.43^{b} \pm 0.60$ | $6.75^{b} \pm 0.53$ | $6.63^{a} \pm 0.51$ |
| 2% w/v,50°Brix | $7.24^{bc} \pm 0.59$ | $5.87^{d} \pm 0.60$ | $7.30^{a} \pm 0.64$ | $6.34^{c} \pm 0.46$ | $5.63^{c} \pm 0.57$ |

a, b, c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
* ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ขนุนสดแกะเมล็ดแล้วแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคทันที

จากการวิเคราะห์คะแนนทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นเท่ากัน โดยใช้สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นสูงขึ้นต่อคะแนนสีเหลือง กลิ่นขนุน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมที่ลดลง ยกเว้นคะแนนความหวานที่มีค่าเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) และพบว่าขนุนที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2 %w/v แล้วแช่สารละลายซูโครส 30 °Brix มีคะแนนสีเหลือง ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาทั้ง 2 ด้านประกอบกันพบว่าการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 2 %w/v แล้วใช้สารละลายซูโครส 30 °Brix เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ศึกษาเปรียบเทียบต่อไป

เพื่อศึกษาผลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายซูโครส ว่าระดับใดเหมาะสมที่สุดในการเตรียมวัตถุดิบก่อนการแช่เยือกแข็ง โดยเลือกระดับการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ 0.5 1 และ 2% w/v ระดับละ 1 ความเข้มข้น ที่มีความเข้มข้นของสารละลายซูโครสที่เหมาะสมมาเปรียบเทียบกัน และเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม จากนั้นนำขนุนไปแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค แล้วบรรจุตัวอย่างใส่ถุงบรรจุแบบสุญญากาศเก็บในตู้แช่ที่อุณหภูมิ $-18 \pm 1^{\circ}$ C เป็นเวลา 1 สัปดาห์ นำมาตรวจสอบคุณภาพโดยหาเปอร์เซ็นต์ freezing loss เปอร์เซ็นต์ thawing loss ค่าความแน่นของเนื้อสัมผัส ค่าสี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 4.17 และ 4.18 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 4.17** สมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 1 และ 2% w/v แล้วแช่ในสารละลายซูโครส 30 °Brix เทียบกับตัวอย่างควบคุม

| ความเข้มข้นสารละลาย $CaCl_2$, ซูโครส | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Freezing loss (%) | Thawing loss (%) | Shear force หลังแช่สารละลาย (N) | Shear force หลังละลายน้ำแข็ง (N) | สีหลังละลายน้ำแข็ง | | |
| | | | | | L | $a^{ns}$ | b |
| ตัวอย่างควบคุม* | $0.46^{d}$ ± 0.03 | $0.25^{b}$ ± 0.02 | $53.58^{d}$ ± 2.34 | $86.26^{c}$ ±2.72 | $63.35^{c}$ ±0.23 | –4.46±0.25 | $+37.40^{a}$ ±0.35 |
| 0.5% w/v, 30°Brix | $0.54^{c}$ ± 0.03 | $0.23^{b}$ ± 0.02 | $59.69^{c}$ ± 3.30 | $108.60^{a}$ ± 3.25 | $68.77^{a}$ ±0.35 | –4.50±0.23 | $+36.60^{b}$ ±0.50 |
| 1% w/v, 30°Brix | $0.58^{b}$ ± 0.03 | $0.25^{b}$ ± 0.02 | $68.72^{b}$ ± 3.16 | $104.70^{ab}$ ± 3.45 | $67.62^{b}$ ±0.38 | –4.57±0.22 | $+34.64^{c}$ ±0.46 |
| 2% w/v, 30°Brix | $0.85^{a}$ ± 0.03 | $0.52^{a}$ ± 0.03 | $74.72^{a}$ ± 2.92 | $102.29^{b}$ ±2.97 | $67.54^{b}$ ±0.32 | –4.60±0.24 | $+34.29^{c}$ ±0.37 |

a, b, c ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ขนุนสดแกะเมล็ดแล้วแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคทันที

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นสูงขึ้น โดยใช้สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นเท่ากันต่อเปอร์เซ็นต์ freezing loss เปอร์เซ็นต์ thawing loss ค่า shear force หลังแช่สารละลายมีค่าสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับขนุนที่ไม่แช่สารละลาย ขณะที่ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็ง ค่าความสว่าง (L) และสีเหลือง (b) มีค่าลดลง เมื่อความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น และพบว่าขนุนที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 %w/v แล้วแช่สารละลายซูโครส 30 °Brix มีเปอร์เซ็นต์ thawing loss ต่ำที่สุด แต่มีค่า shear force หลังละลายน้ำแข็ง และค่าความสว่าง (L) สูงที่สุด

**ตารางที่ 4.18** คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 1 และ 2% w/v แล้วแช่ในสารละลายซูโครส 30 °Brix เทียบกับตัวอย่างควบคุม

| ความเข้มข้นสารละลาย $CaCl_2$, ซูโครส | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สีเหลือง | กลิ่นขนุน | ความหวาน | ลักษณะเนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
| ตัวอย่างควบคุม* | $7.24^{b} \pm 0.62$ | $7.57^{a} \pm 0.63$ | $5.72^{c} \pm 0.44$ | $6.15^{c} \pm 0.46$ | $6.48^{c} \pm 0.54$ |
| 0.5% w/v,30°Brix | $7.58^{a} \pm 0.58$ | $7.34^{b} \pm 0.47$ | $6.56^{a} \pm 0.53$ | $6.54^{b} \pm 0.52$ | $7.29^{a} \pm 0.51$ |
| 1% w/v,30°Brix | $7.68^{a} \pm 0.55$ | $7.28^{b} \pm 0.60$ | $6.44^{ab} \pm 0.58$ | $6.75^{b} \pm 0.57$ | $7.08^{a} \pm 0.62$ |
| 2% w/v,30°Brix | $7.79^{a} \pm 0.56$ | $6.94^{c} \pm 0.54$ | $6.33^{b} \pm 0.56$ | $6.99^{a} \pm 0.63$ | $6.81^{b} \pm 0.64$ |

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ขนุนสดแกะเมล็ดแล้วแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคทันที

จากการวิเคราะห์คะแนนทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น โดยใช้สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นเท่ากันต่อคะแนนสีเหลือง ความหวาน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีค่าสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับขนุนที่ไม่แช่สารละลายขณะที่กลิ่นขนุนมีค่าลดลง และพบว่าขนุนที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5% w/v แล้วแช่สารละลายซูโครส 30 °Brix มีคะแนนสีเหลือง ความหวาน และความชอบโดยรวมสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาทั้ง 2 ด้านประกอบกัน พบว่าการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.5 %w/v แล้วใช้สารละลายซูโครส 30 °Brix เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ศึกษาเปรียบเทียบต่อไป

เพื่อศึกษาผลของการเตรียมวัตถุดิบก่อนการแช่เยือกแข็งที่เหมาะสมที่สุด โดยแช่สารละลายต่างๆ ว่าสารละลายใดเหมาะสมที่สุด โดยนำสารละลายแต่ละกลุ่มที่ได้คัดเลือกว่าเหมาะสมมาเปรียบเทียบกัน และเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม จากนั้นนำขนุนไปแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค แล้วนำตัวอย่างใส่ถุงบรรจุแบบสุญญากาศเก็บในตู้แช่ที่อุณหภูมิ –18 ± 1 °C เป็นเวลา 1 สัปดาห์ นำมาตรวจสอบคุณภาพโดยหาเปอร์เซ็นต์ freezing loss เปอร์เซ็นต์ thawing loss ค่าความแน่นของเนื้อสัมผัส ค่าสี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ผลดังตารางที่ 4.19 และ 4.20 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 4.19** สมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายต่างๆ เทียบกับตัวอย่างควบคุม

| สารละลาย | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Freezing loss (%) | Thawing loss$^{ns}$ (%) | Shear force หลังแช่สารละลาย | Shear force หลังละลายน้ำแข็ง | สีหลังละลายน้ำแข็ง | | |
| | | | | | L | a$^{ns}$ | b |
| ตัวอย่างควบคุม* | 0.47$^{b}$ ± 0.03 | 0.26 ± 0.02 | 52.64$^{c}$ ± 2.74 | 87.42$^{b}$ ± 4.36 | 63.80$^{c}$ ± 0.27 | –5.33±0.10 | +44.48$^{b}$ ±0.21 |
| $CaCl_2$ 0.75% w/v | 0.46$^{b}$ ± 0.03 | 0.23 ± 0.02 | 75.63$^{a}$ ± 4.58 | 103.57$^{a}$ ± 4.17 | 71.38$^{a}$ ± 0.68 | –5.71±0.20 | +45.07$^{a}$ ±0.19 |
| ซูโครส 30°Brix | 0.55$^{a}$ ± 0.03 | 0.25 ± 0.02 | 54.85$^{c}$ ± 2.79 | 90.42$^{b}$ ± 3.26 | 64.24$^{c}$ ± 0.19 | –5.41±0.36 | +44.55$^{b}$ ±0.34 |
| $CaCl_2$ 0.5% w/v, ซูโครส 30°Brix | 0.59$^{a}$ ± 0.03 | 0.24 ± 0.02 | 68.34$^{b}$ ± 1.68 | 101.18$^{a}$ ± 3.81 | 67.65$^{b}$ ± 0.88 | –5.36±0.31 | +45.22$^{a}$ ±0.30 |

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ขนุนสดแกะเมล็ดแล้วแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคทันที

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.75% w/v สารละลายซูโครส 30°Brix และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5% w/v แล้วแช่สารละลายซูโครส 30 °Brix ต่อเปอร์เซ็นต์ freezing loss ค่า shear force หลังแช่สารละลาย ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็ง ค่าความสว่าง (L) และสีเหลือง (b) ของขนุนแช่เยือกแข็ง ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.75 %w/v และการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 %w/v แล้วแช่สารละลายซูโครส 30 °Brix มีค่า shear force หลังแช่สารละลาย ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็ง ค่าความสว่าง (L) และสีเหลือง (b) สูงกว่าขนุนที่ไม่แช่สารละลาย แต่ขนุนแช่สารละลายซูโครส 30 °Brix มีค่าอยู่ในกลุ่มเดียวกับขนุนที่ไม่แช่สารละลาย และพบว่าขนุนที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.75 %w/v มีเปอร์เซ็นต์ freezing loss ต่ำสุด ขณะที่ค่า shear force หลังแช่สารละลาย ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็ง ค่าความสว่าง (L) และสีเหลือง (b) มีค่าสูงสุด ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 4.20** คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายต่างๆ เทียบกับตัวอย่างควบคุม

| สารละลาย | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สีเหลือง | กลิ่นขนุน | ความหวาน | ลักษณะเนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
| ตัวอย่างควบคุม* | $4.33^{d} \pm 0.39$ | $6.52^{a} \pm 0.46$ | $5.08^{b} \pm 0.51$ | $4.61^{c} \pm 0.43$ | $4.71^{c} \pm 0.42$ |
| $CaCl_2$ 0.75% w/v | $7.51^{a} \pm 0.66$ | $5.31^{c} \pm 0.50$ | $4.90^{b} \pm 0.39$ | $6.87^{a} \pm 0.60$ | $6.72^{ab} \pm 0.62$ |
| ซูโครส 30°Brix | $5.91^{c} \pm 0.49$ | $6.23^{b} \pm 0.57$ | $6.60^{a} \pm 0.48$ | $6.25^{b} \pm 0.51$ | $6.52^{b} \pm 0.60$ |
| $CaCl_2$ 0.5%w/v, ซูโครส 30°Brix | $6.33^{b} \pm 0.57$ | $6.10^{b} \pm 0.43$ | $6.77^{a} \pm 0.53$ | $6.43^{b} \pm 0.52$ | $6.92^{a} \pm 0.58$ |

a, b, c ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ขนุนสดแกะเมล็ดแล้วแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคทันที

จากการวิเคราะห์คะแนนทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.75% w/v สารละลายซูโครส 30°Brix และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5% w/v แล้วแช่สารละลายซูโครส 30 °Brix ต่อคะแนนสีเหลือง ความหวาน ลักษณะเนื้อสัมผัส

และความชอบโดยรวมของขนุนแช่เยือกแข็ง ($p \leq 0.05$) โดยขนุนที่แช่สารละลายมีค่าดังกล่าวสูงกว่าขนุนที่ไม่แช่สารละลาย ยกเว้นคะแนนกลิ่นขนุนที่มีค่าต่ำกว่า

โดยจากการทดลอง พบว่าการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.75 %w/v มีคะแนนสีเหลือง ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด ดังนั้นจากการวิเคราะห์ทั้ง 2 ด้านประกอบกัน พบว่าการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.75 %w/v เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมวัตถุดิบก่อนการแช่เยือกแข็ง และนำไปศึกษาขั้นต่อไป

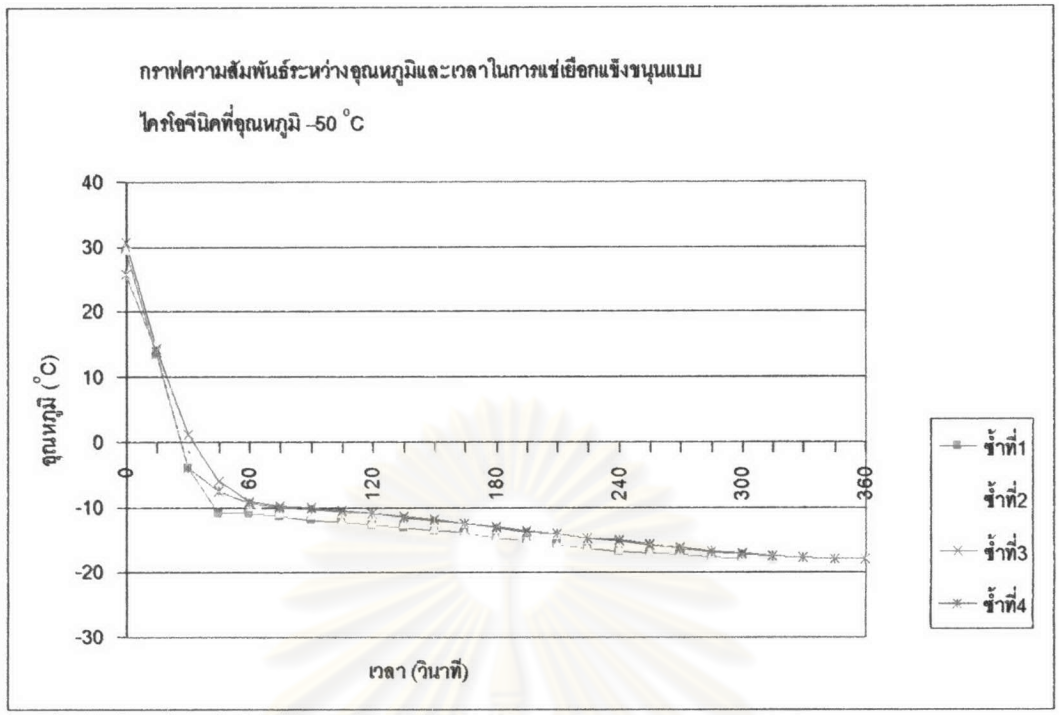
## 4.3 การศึกษาสภาวะการแช่เยือกแข็งที่เหมาะสม

การศึกษาในข้อ 4.2 สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบก่อนการแช่เยือกแข็ง คือ การแช่ขนุนในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.75 %w/v นาน 30 นาที ก่อนนำไปแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค จากสภาวะการเตรียมวัตถุดิบก่อนการแช่เยือกแข็งดังกล่าวจะนำไปศึกษาขั้นต่อไปมีรายละเอียดดังนี้

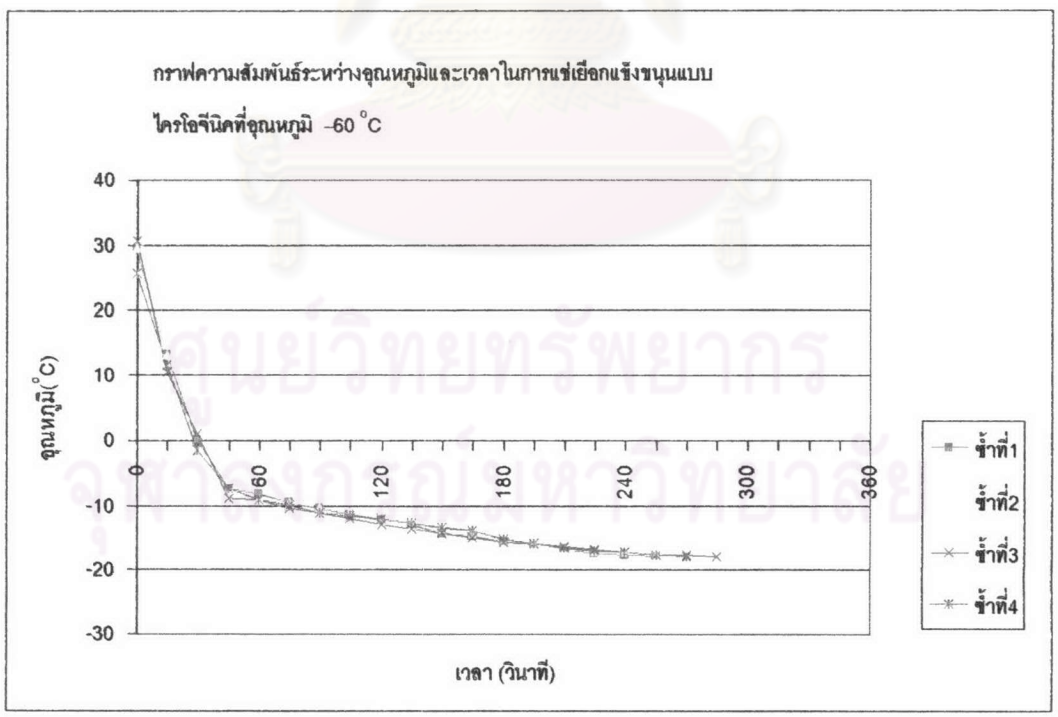
### 4.3.1 ศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งขนุนแบบไครโอจีนิค

นำขนุนที่ผ่านการเตรียมในสภาวะที่เหมาะสม ก่อนการแช่เยือกแข็งมาแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค แปรอุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งเป็น 3 ระดับคือ –50 –60 และ –70°C บันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นของใจกลางยวงขนุน และเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนอุณหภูมิสุดท้ายใจกลางยวงขนุนเท่ากับ –18 °C เพื่อหา freezing curve ของแต่ละอุณหภูมิ ได้ผลดังรูปที่ 6 – 9 ตามลำดับ

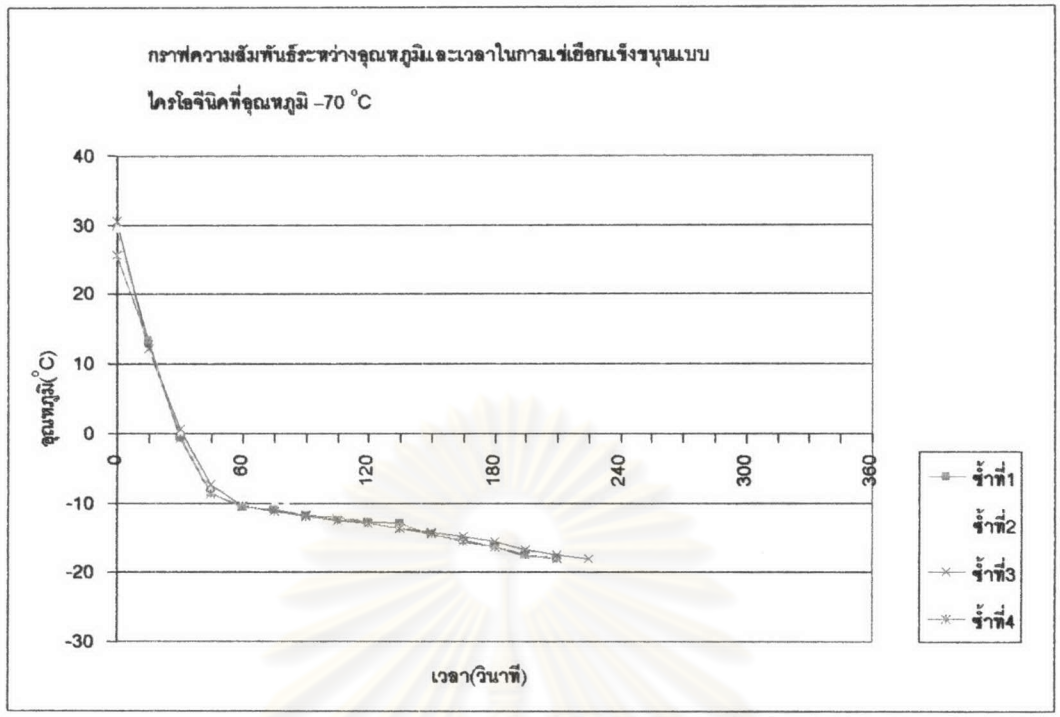
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



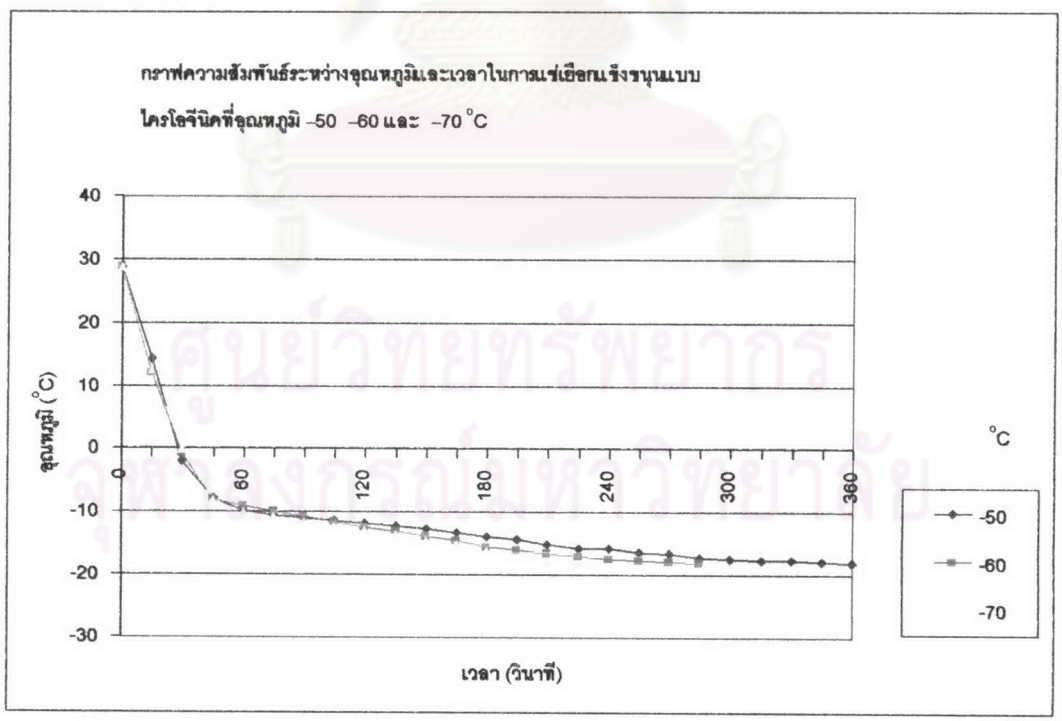

รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่เยือกแข็งขนุนแบบไครโอจีนิคที่อุณหภูมิ -50 °C




รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่เยือกแข็งขนุนแบบไครโอจีนิคที่อุณหภูมิ -60 °C




รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่เยือกแข็งขนุนแบบไครโอจีนิคที่อุณหภูมิ –70 °C




รูปที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่เยือกแข็งขนุนแบบไครโอจีนิคที่อุณหภูมิ –50 –60 และ –70 °C

4.3.2 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งขนุนแบบไครโอจีนิค

นำขนุนที่ผ่านการเตรียมในสภาวะที่เหมาะสมก่อนการแช่เยือกแข็งมาแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค แปรอุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็น 3 ระดับคือ –50 , –60 และ –70 °C แช่เยือกแข็งจนอุณหภูมิใจกลางยวงขนุนเท่ากับ –18°C บรรจุถุงแบบสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ –18 ± 1°C นาน 1 สัปดาห์ จากนั้นนำมาละลายน้ำแข็งโดยทิ้งไว้ให้ละลายในตู้เย็น (4 ± 1°C) ตรวจสอบคุณภาพโดยหาเปอร์เซ็นต์ freezing loss เปอร์เซ็นต์ thawing loss ค่าความแน่นของเนื้อสัมผัส ค่าสี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 4.21 และ 4.22 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 4.21** สมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคที่อุณหภูมิต่างกัน

| อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Freezing loss (%) | Thawing loss (%) | Shear force หลังละลายน้ำแข็ง (N) | สีหลังละลายน้ำแข็ง | | | จำนวนการพ่น Liquid Nitrogen (ครั้ง) | เวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง (นาที) |
| | | | | L | $a^{ns}$ | $b^{ns}$ | | |
| –50 °C | $0.60^{a}$±0.05 | $0.47^{a}$±0.02 | $81.16^{b}$±2.29 | $66.56^{c}$±0.63 | –3.19±0.15 | +45.74±1.14 | $13^{a}$ | $5.48^{a}$±0.30 |
| –60 °C | $0.54^{a}$±0.02 | $0.39^{b}$±0.03 | $86.73^{a}$±1.03 | $70.09^{b}$±0.81 | –3.17±0.20 | +45.81±0.67 | $11^{b}$ | $4.37^{b}$±0.12 |
| –70 °C | $0.45^{b}$±0.03 | $0.36^{b}$±0.03 | $89.25^{a}$±1.60 | $71.14^{a}$±0.34 | –3.24±0.31 | +45.84±0.55 | $8^{c}$ | $3.30^{c}$±0.09 |

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของอุณหภูมิการแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคต่อเปอร์เซ็นต์ freezing loss เปอร์เซ็นต์ thawing loss ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็ง ค่าความสว่าง (L) จำนวนครั้งของการพ่น liquid nitrogen และเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิการแช่เยือกแข็งต่ำลง เปอร์เซ็นต์ freezing loss เปอร์เซ็นต์ thawing loss จำนวนครั้งของการพ่น liquid nitrogen และเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งมีค่าลดลง ขณะที่ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็ง ค่าความสว่าง (L) มีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าอุณหภูมิแช่เยือกแข็ง –70 °C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งขนุนมากที่สุด เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ freezing loss เปอร์เซ็นต์ thawing loss จำนวนครั้งของการพ่น liquid nitrogen และเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งน้อยที่สุด

**ตารางที่ 4.22** คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนุนแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคที่อุณหภูมิต่างกัน

| อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สีเหลือง | กลิ่นขนุน$^{ns}$ | ความหวาน$^{ns}$ | ลักษณะเนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
| –50 °C | 6.12$^{b}$ ± 0.51 | 7.15 ± 0.65 | 6.91 ± 0.65 | 5.74$^{b}$ ± 0.57 | 6.29$^{c}$ ± 0.58 |
| –60 °C | 7.48$^{a}$ ± 0.54 | 7.23 ± 0.72 | 6.91 ± 0.61 | 6.93$^{a}$ ± 0.62 | 7.20$^{b}$ ± 0.65 |
| –70 °C | 7.65$^{a}$ ± 0.56 | 7.41 ± 0.72 | 7.15 ± 0.70 | 7.14$^{a}$ ± 0.71 | 7.71$^{a}$ ± 0.74 |

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์คะแนนทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของอุณหภูมิการแช่เยือกแข็งต่อคะแนนสีเหลือง ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม พบว่าอุณหภูมิการแช่เยือกแข็งต่ำลง คะแนนสีเหลือง ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงขึ้น โดยที่อุณหภูมิ –70 °C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค เนื่องจากมีคะแนนสีเหลือง ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด

## 4.4 การศึกษาวิธีการละลายขนุนแช่เยือกแข็งที่เหมาะสม

นำขนุนที่ผ่านการเตรียมในสภาวะที่เหมาะสมก่อนการแช่เยือกแข็ง ตามวิธีในข้อ 3.5.2 มาแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค ควบคุมอุณหภูมิ chamber –70°C บรรจุถุงปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ –18 ± 1 °C นาน 1 สัปดาห์ นำมาละลายน้ำแข็งโดยแปรวิธีละลาย 2 วิธีคือ การละลายโดยทิ้งให้ละลายในตู้เย็น (4 ± 1 °C) และการละลายโดยแช่น้ำอุณหภูมิ 28 ± 2 °C (น้ำนิ่งปริมาณ 2 ลิตรต่อตัวอย่างขนุน 1 ถุง น้ำหนักเฉลี่ย 400 กรัม เมื่อละลายครบ 15 นาที อุณหภูมิน้ำที่ใช้ลดลงเหลือ 22 °C) ละลายน้ำแข็งจนผลิตภัณฑ์มีความอ่อนตัวพอเหมาะ (อุณหภูมิ 5 ± 1 °C) ตรวจสอบคุณภาพโดยหาเปอร์เซ็นต์ thawing loss ค่าความแน่นของเนื้อสัมผัส ค่าสี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 4.23 และ 4.24 ตามลำดับ

**ตารางที่ 4.23** สมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคที่ใช้วิธีละลายต่างกัน

| วิธีการละลาย | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Thawing loss (%) | Shear force หลังละลายน้ำแข็ง (N) | สีหลังละลายน้ำแข็ง | | |
| | | | $L^{ns}$ | $a^{ns}$ | $b^{ns}$ |
| ทิ้งให้ละลายในตู้เย็น | $1.25^{b} \pm 0.08$ | $51.81^{a} \pm 1.06$ | $64.89 \pm 0.89$ | $-2.39 \pm 0.21$ | $+48.14 \pm 0.73$ |
| แช่น้ำที่อุณหภูมิ 28 ± 2 °C | $1.50^{a} \pm 0.12$ | $44.18^{b} \pm 1.51$ | $64.50 \pm 0.85$ | $-2.43 \pm 0.17$ | $+47.61 \pm 0.85$ |

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าขนุนที่ละลายในตู้เย็น (4 ± 1 °C) มีเปอร์เซ็นต์ thawing loss ต่ำกว่าขนุนแช่น้ำที่อุณหภูมิ 28 ± 2 °C ขณะที่ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็งมีค่าสูงกว่า ($p \leq 0.05$) แต่ค่าความสว่าง (L) สีเขียว (–a) และสีเหลือง (b) ทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

**ตารางที่ 4.24** คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของขนุนแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคที่ใช้วิธีละลายต่างกัน

| วิธีการละลาย | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สีเหลือง | กลิ่นขนุน | ความหวาน$^{ns}$ | ลักษณะเนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
| ทิ้งให้ละลายในตู้เย็น | 6.85$^{a}$ ± 0.65 | 6.63$^{a}$ ± 0.66 | 6.81 ± 0.65 | 6.58$^{a}$ ± 0.61 | 7.08$^{a}$ ± 0.70 |
| แช่น้ำที่อุณหภูมิ 28 ± 2 °C | 5.88$^{b}$ ± 0.60 | 6.22$^{b}$ ±0.56 | 6.67 ± 0.64 | 5.71$^{b}$ ±0.52 | 6.32$^{b}$ ± 0.60 |

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์คะแนนทางประสาทสัมผัส ขนุนที่ทิ้งให้ละลายในตู้เย็นมีคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านสีเหลือง กลิ่นขนุน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงกว่าขนุนแช่น้ำที่อุณหภูมิ 28 ± 2 °C ($p \leq 0.05$) แต่ในด้านความหวานไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

## 4.5 การศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนุนแช่เยือกแข็ง

นำขนุนพันธุ์เหลืองบางเตย แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.75 %w/v นาน 30 นาที แล้วนำมาแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค ควบคุมอุณหภูมิ chamber –70 °C บรรจุถุงปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ –18 ± 1°C สุ่มตรวจคุณภาพตัวอย่างทุกเดือนเป็นระยะเวลา 6 เดือน ศึกษาคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาขนุนแช่เยือกแข็ง และประเมินสมบัติด้านต่างๆ ดังนี้

สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ thawing loss ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็ง สีขนุน ได้ผลดังตารางที่ 4.25

สมบัติทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สีเหลือง กลิ่นขนุน ความหวาน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ได้ผลดังตารางที่ 4.26

สมบัติทางด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ได้ผลดังตารางที่ 4.27

สมบัติทางด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) ปริมาณยีสต์และรา ได้ผลดังตารางที่ 4.28

วิเคราะห์ลักษณะทางเนื้อเยื่อด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) และวิเคราะห์ลักษณะทางเนื้อเยื่อด้วยวิธีทาง Histology ก่อนแช่เยือกแข็งและหลังแช่เยือกแข็งขนุนเดือนที่ 0 3 และ 6 ได้ผลดังรูปที่ 10 และ 11 ตามลำดับ

**ตารางที่ 4.25** สมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็ง ที่มีอายุการเก็บ 6 เดือน เทียบกับขนุนสด

| ระยะเวลาการเก็บ (เดือน) | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Thawing loss (%) | Shear force หลังละลายน้ำแข็ง (N) | สีหลังละลายน้ำแข็ง | | |
| | | | L | a | b |
| ขนุนสด | $0.00^{f}$ | $59.53^{e} \pm 1.51$ | $77.71^{a} \pm 1.20$ | $-3.93^{a} \pm 0.23$ | $+49.25^{a} \pm 1.41$ |
| 0* | $2.46^{e} \pm 0.10$ | $116.05^{a} \pm 2.46$ | $70.62^{b} \pm 0.24$ | $-3.80^{ab} \pm 0.19$ | $+47.41^{ab} \pm 1.98$ |
| 1 | $2.89^{d} \pm 0.10$ | $113.30^{a} \pm 3.06$ | $65.50^{c} \pm 1.02$ | $-3.72^{abc} \pm 0.11$ | $+46.64^{b} \pm 1.95$ |
| 2 | $3.13^{c} \pm 0.15$ | $109.06^{ab} \pm 3.26$ | $62.83^{d} \pm 0.68$ | $-3.66^{abc} \pm 0.18$ | $+45.24^{bc} \pm 1.27$ |
| 3 | $3.31^{bc} \pm 0.22$ | $100.77^{bc} \pm 5.88$ | $60.74^{e} \pm 1.43$ | $-3.50^{bcd} \pm 0.19$ | $+43.70^{cd} \pm 1.43$ |
| 4 | $3.41^{b} \pm 0.14$ | $95.87^{cd} \pm 5.86$ | $58.76^{f} \pm 0.41$ | $-3.42^{cd} \pm 0.21$ | $+41.39^{d} \pm 0.87$ |
| 5 | $3.68^{a} \pm 0.05$ | $91.78^{cd} \pm 9.05$ | $56.47^{g} \pm 0.66$ | $-3.22^{de} \pm 0.09$ | $+39.04^{e} \pm 0.58$ |
| 6 | $3.83^{a} \pm 0.12$ | $86.53^{d} \pm 6.64$ | $53.77^{h} \pm 0.59$ | $-3.02^{e} \pm 0.11$ | $+37.29^{e} \pm 0.43$ |

a, b, c ...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* ระยะเวลาการเก็บเดือนที่ 0 หมายถึง ขนุนแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18 \pm 1^{\circ}C$ นาน 1 สัปดาห์ แล้วละลายน้ำแข็ง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของระยะเวลาเก็บต่อเปอร์เซ็นต์ thawing loss มีค่าสูงขึ้น ขณะที่ค่า shear force หลังละลายน้ำแข็ง ค่าความสว่าง (L) สีเขียว (–a) และสีเหลือง (b) มีค่าลดลง ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น

**ตารางที่ 4.26** คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของขนุนแช่เยือกแข็งที่มีอายุการเก็บ 6 เดือน

| ระยะเวลาการเก็บ (เดือน) | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สีเหลือง | กลิ่นขนุน | ความหวาน | ลักษณะเนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
| Ideal* | $9.57^{a} \pm 0.47$ | $9.14^{a} \pm 0.76$ | $8.04^{a} \pm 0.60$ | $8.31^{a} \pm 0.67$ | $10.00^{a} \pm 0.00$ |
| 0** | $7.89^{b} \pm 0.73$ | $7.35^{b} \pm 0.53$ | $7.51^{b} \pm 0.64$ | $7.42^{b} \pm 0.54$ | $7.51^{b} \pm 0.66$ |
| 1 | $7.09^{c} \pm 0.50$ | $6.95^{c} \pm 0.53$ | $6.70^{c} \pm 0.46$ | $7.30^{b} \pm 0.58$ | $6.67^{c} \pm 0.51$ |
| 2 | $6.04^{d} \pm 0.45$ | $5.87^{d} \pm 0.53$ | $5.63^{d} \pm 0.50$ | $6.98^{c} \pm 0.58$ | $5.67^{d} \pm 0.46$ |
| 3 | $5.10^{e} \pm 0.42$ | $4.95^{e} \pm 0.41$ | $4.69^{e} \pm 0.39$ | $4.19^{d} \pm 0.39$ | $4.52^{e} \pm 0.38$ |
| 4 | $2.80^{f} \pm 0.21$ | $3.66^{f} \pm 0.34$ | $3.75^{f} \pm 0.30$ | $2.10^{e} \pm 0.18$ | $2.55^{f} \pm 0.27$ |
| 5 | $1.92^{g} \pm 0.15$ | $2.50^{g} \pm 0.22$ | $2.63^{g} \pm 0.24$ | $1.09^{f} \pm 0.12$ | $1.20^{g} \pm 0.18$ |
| 6 | $1.00^{h} \pm 0.14$ | $1.49^{h} \pm 0.18$ | $1.76^{h} \pm 0.15$ | $0.39^{g} \pm 0.05$ | $0.50^{h} \pm 0.07$ |

a, b, c ...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* Ideal หมายถึง ขนุนแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค แล้วละลายน้ำแข็งทันที

** ระยะเวลาการเก็บเดือนที่ 0 หมายถึง ขนุนแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18 \pm 1$ °C นาน 1 สัปดาห์ แล้วละลายน้ำแข็ง

จากการวิเคราะห์คะแนนทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของระยะเวลาการเก็บต่อคะแนนสีเหลือง กลิ่นขนุน ความหวาน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมลดลง ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 4.27** สมบัติทางเคมีของขนุนแช่เยือกแข็งที่มีอายุการเก็บ 6 เดือน เทียบกับขนุนสด

| ระยะเวลาการเก็บ (เดือน) | ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน. | | |
|---|---|---|---|
| | น้ำตาลรีดิวซ์ (%) | กรดทั้งหมด (%) | ของแข็งที่ละลายได้ (°Brix) |
| ขนุนสด | $3.65^{a} \pm 0.05$ | $0.22^{a} \pm 0.006$ | $26.20^{a} \pm 0.53$ |
| 0* | $3.42^{b} \pm 0.09$ | $0.18^{b} \pm 0.006$ | $21.03^{b} \pm 1.37$ |
| 1 | $3.26^{b} \pm 0.11$ | $0.16^{c} \pm 0.006$ | $20.63^{b} \pm 1.15$ |
| 2 | $2.93^{c} \pm 0.07$ | $0.15^{d} \pm 0.006$ | $20.00^{bc} \pm 1.71$ |
| 3 | $2.73^{d} \pm 0.08$ | $0.13^{e} \pm 0.006$ | $19.60^{bc} \pm 0.87$ |
| 4 | $2.54^{e} \pm 0.07$ | $0.12^{f} \pm 0.006$ | $18.40^{cd} \pm 0.72$ |
| 5 | $2.31^{f} \pm 0.10$ | $0.11^{g} \pm 0.006$ | $17.60^{d} \pm 0.92$ |
| 6 | $2.12^{g} \pm 0.18$ | $0.08^{h} \pm 0.006$ | $17.00^{d} \pm 1.00$ |

a, b, c ...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* ระยะเวลาการเก็บเดือนที่ 0 หมายถึง ขนุนแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18 \pm 1^{\circ}C$ นาน 1 สัปดาห์ แล้วละลายน้ำแข็ง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของระยะเวลาเก็บต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่าลดลง ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

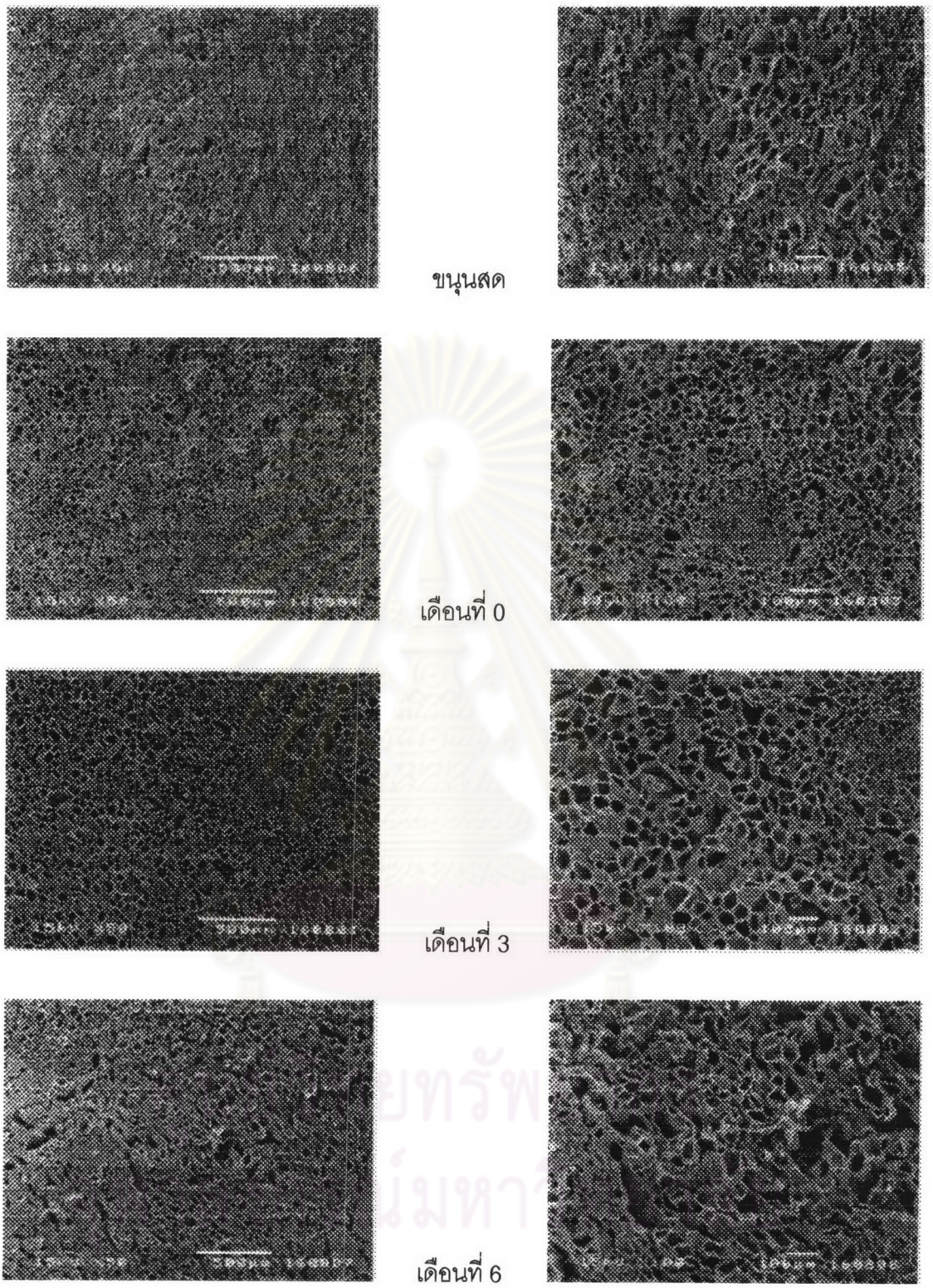
**ตารางที่ 4.28** สมบัติทางจุลินทรีย์ของขนุนแช่เยือกแข็งที่มีอายุการเก็บ 6 เดือน เทียบกับขนุนสด

| ระยะเวลาการเก็บ (เดือน) | จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (colony / g) | จำนวนยีสต์และรา (colony / g) |
|---|---|---|
| ขนุนสด | $8.00 \times 10^6$ | $3.24 \times 10^6$ |
| 0* | $6.50 \times 10^5$ | $2.50 \times 10^5$ |
| 1 | $6.04 \times 10^4$ | $2.60 \times 10^4$ |
| 2 | $5.22 \times 10^3$ | < 300 |
| 3 | $5.90 \times 10^2$ | < 300 |
| 4 | < 300 | < 300 |
| 5 | < 300 | < 300 |
| 6 | < 300 | < 300 |

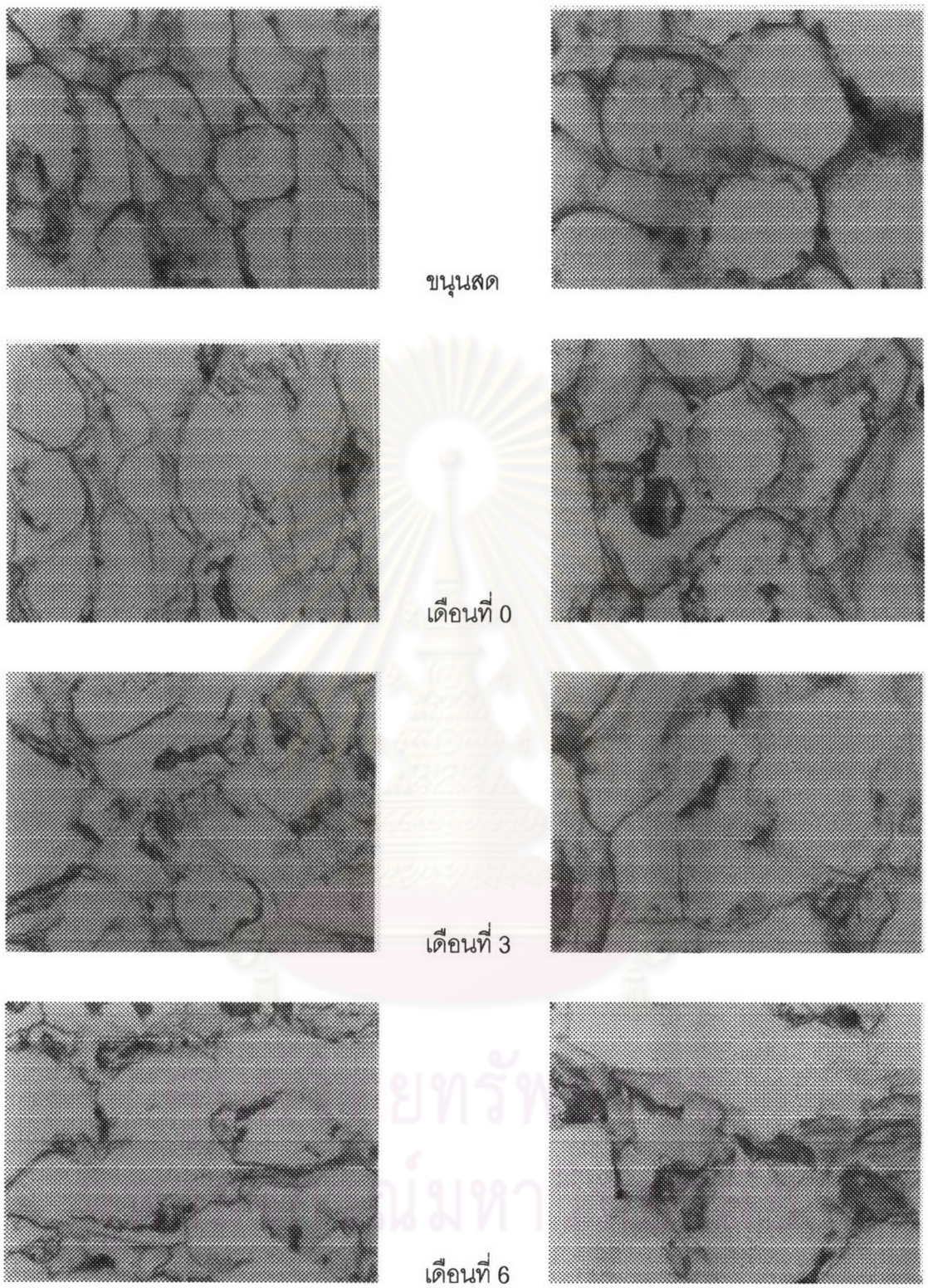
* ระยะเวลาการเก็บเดือนที่ 0 หมายถึง ขนุนแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18 \pm 1^{\circ}C$ นาน 1 สัปดาห์ แล้วละลายน้ำแข็ง

จากตารางที่ 4.28 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นมีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์และราลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 10 ลักษณะทางเนื้อเยื่อขนุนแช่เยือกแข็งตัดขวางที่อายุการเก็บรักษาต่างกัน และส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) (a) กำลังขยาย 50 เท่า (b) กำลังขยาย 100 เท่า




รูปที่ 11 ลักษณะทางเนื้อเยื่อขนุนแช่เยือกแข็งตัดขวางที่อายุการเก็บรักษาต่างกัน วิเคราะห์ด้วยวิธีทาง Histology (a) กำลังขยาย 200 เท่า (b) กำลังขยาย 400 เท่า