

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการลวกแครอท

4.1.1 การลวกแครอทด้วยไอน้ำ

นำแครอทที่ผ่านการลวกเป็นเวลา 0, 3, 4, 5, 7 และ 9 นาทีมาทดสอบเปอร์ออกซิเดส แอคติวิตี ตามวิธีของ National canner association research laboratories (1976) ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ลวกกับแอคติวิตีของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

เวลาในการลวก (นาที)	เปอร์ออกซิเดส แอคติวิตี
0	positive
3	light positive
4	negative
5	negative
7	negative
9	negative

positive หมายถึง เกิดสีน้ำตาลแดงในชั้นผักราบภายใน 3.5 นาที แสดงว่า แอคติวิตีของเอนไซม์ยังคงอยู่

light positive หมายถึง เกิดสีน้ำตาลอ่อนทั้งชั้นเนื้อเยื่อหรือเกิดสีน้ำตาลเข้มบางชั้น แสดงว่าแอคติวิตีของเอนไซม์ยังคงอยู่เล็กน้อย

negative หมายถึง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีหรือมีการเปลี่ยนสีเกิดขึ้นหลังจาก 3.5 นาที แสดงว่า แอคติวิตีของเอนไซม์ถูกทำลายลง

จากผลการทดสอบแอคติวิตีของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่หลังจากการลวกพบว่า การลวกเป็นเวลา 3 นาที สามารถยับยั้งแอคติวิตีของเอนไซม์ได้เพียงบางส่วนจึงให้ผลการ

ทดสอบเป็น light positive แต่เมื่อใช้เวลาในการลวกตั้งแต่ 4 นาทีขึ้นไปจะสามารถยับยั้งแอกติวิตีของเอนไซม์ได้ทั้งหมดจึงให้ผลการทดสอบเป็น negative ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมในการลวกแครอท คือ ลวกโดยใช้ไอน้ำเป็นเวลา 4 นาที

4.1.2 การหาเปอร์เซ็นต์ yield ของแครอทหลังการลวกและทำให้เย็น

ภายหลังการลวกแครอทและทำให้เย็นแล้ว นำแครอทที่ได้มาหาเปอร์เซ็นต์ yield ตามวิธีของ Carroad และคณะ (1980) ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ yield ของแครอทภายหลังการลวกและทำให้เย็น โดยแปรเวลาในการลวกต่างกัน

เวลาในการลวก (นาที)	ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ^{ns}
0	101.60 \pm 0.026
3	101.61 \pm 0.012
4	101.61 \pm 0.043
5	101.60 \pm 0.014
7	101.62 \pm 0.012
9	101.63 \pm 0.015

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ yield ของแครอทภายหลังการลวกและทำให้เย็น โดยแปรเวลาในการลวกต่างกัน

SOV	df	MS
เวลาในการลวก	5	0.002 ^{ns}
error	12	0.0008

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design พบว่า เวลาในการลวกไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ yield ของแครอทหลังการลวกและทำให้เย็น

4.1.3 การหาปริมาณบีตา-แคโรทีนในแครอทภายหลังการลวกและทำให้เย็น

ภายหลังการลวกและทำให้เย็น นำแครอทมาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณบีตา-แคโรทีนกับเวลาในการลวก โดยหาปริมาณบีตา-แคโรทีนตามวิธีของ Ranganna (1977) ผลที่ได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณบีตา-แคโรทีนกับเวลาที่ใช้ในการลวกแครอท

เวลาในการลวก (นาที)	ปริมาณบีตา-แคโรทีนเฉลี่ย ($\mu\text{g. / g.}$) ^{d, ns} ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	461.86 ± 35.97
3	442.56 ± 21.98
4	435.97 ± 16.48
5	435.47 ± 6.86
7	434.25 ± 5.56
9	427.25 ± 10.09

d หมายถึง จำนวนปริมาณจากน้ำหนักแครอทแห้ง

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณบีตา-แคโรทีนในแครอทภายหลังการลวก โดยแปรเวลาในการลวกต่างกัน

SOV	df	MS
เวลาในการลวก	5	426.49 ^{ns}
error	12	371.41

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design พบว่า เวลาในการลวก ไม่มีผลต่อปริมาณบีตา-แคโรทีนของแครอทหลังการลวก ดังนั้น เวลาในการลวกแครอทที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาพร้อมกับเปอร์เซ็นต์ yield และปริมาณบีตา-แคโรทีน คือ ลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 4 นาที

4.2 ศึกษาผลของการแช่ล้าง soluble solid การแช่สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ และการชุบเคลือบด้วยสารละลาย corn starch ที่มีต่อปริมาณบิตา-แคโรทีนในแครอท

4.2.1 ทหาความเข้มข้นของสารละลาย corn starch ที่เหมาะสมต่อการชุบเคลือบแครอท

ภายหลังการลวกแครอทเป็นเวลา 4 นาที และทำให้เย็นแล้ว นำแครอทมาทำการชุบเคลือบด้วยสารละลาย corn starch ความเข้มข้น 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 และ 4.5 % (w/v) ตามวิธีในข้อ 3.2.2.1 แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นหาปริมาณบิตา-แคโรทีนตามวิธีของ Ranganna (1977) ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณบิตา-แคโรทีนกับความเข้มข้นของสารละลาย corn starch

ความเข้มข้นของสารละลาย corn starch (% w/v)	ปริมาณบิตา-แคโรทีนเฉลี่ย ($\mu\text{g. /g.}$) ^d \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ลักษณะปรากฏ	
		ก่อนคั้นรูป	หลังคั้นรูป
0.5	171.25 \pm 1.41 ^a	สีเหมือนแครอทอบแห้งทั่วไป	ผิวเหี่ยวเล็กน้อย
1.5	179.60 \pm 1.23 ^b	สีเหมือนแครอทอบแห้งทั่วไป	ผิวเหี่ยวเล็กน้อย
2.5	191.07 \pm 0.40 ^a	มีรอยด่างขาวเล็กน้อย	ผิวเหี่ยวเล็กน้อย
3.5	192.08 \pm 0.50 ^a	มีรอยด่างขาวและมีจุดแป้นเงาบางส่วน	มีจุดแป้นเงา ผิวเหี่ยวมาก
4.5	192.69 \pm 0.09 ^a	มีจุดแป้นเงา	มีจุดแป้นเงา ผิวเหี่ยวมาก

d หมายถึง จำนวนปริมาณจากน้ำหนักแครอทแห้ง

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณบีตา-แคโรทีนในแครอทภายหลังการชุบเคลือบด้วยสารละลาย corn starch โดยแปรความเข้มข้นของสารละลาย corn starch ต่างกัน

SOV	df	MS
ความเข้มข้นของ		
สารละลาย corn starch	4	272.82*
error	10	0.78

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design พบว่า สารละลาย corn starch ความเข้มข้น 0.5 % และ 1.5 % จะมีผลในการรักษาปริมาณบีตา-แคโรทีนไว้ได้น้อยกว่าสารละลาย corn starch ที่ความเข้มข้น 2.5 - 4.5 % แต่ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะปรากฏทั้งก่อนและหลังการคั้นรูปที่ดี ส่วนการชุบเคลือบด้วยสารละลาย corn starch ความเข้มข้น 2.5 - 4.5 % จะสามารถรักษาปริมาณบีตา-แคโรทีนไว้ได้ในปริมาณสูง แต่ที่ความเข้มข้นของสารละลาย corn starch 3.5 % และ 4.5 % เมื่อชุบเคลือบแล้วสารละลาย corn starch จะเคลือบที่ผิวของผลิตภัณฑ์หนาเกินไปทำให้ลักษณะปรากฏทั้งก่อนและหลังการคั้นรูปไม่ดี ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลาย corn starch ที่เหมาะสมต่อการชุบเคลือบแครอท คือ 2.5 % เนื่องจากมีปริมาณบีตา-แคโรทีนสูงและลักษณะปรากฏเป็นที่ยอมรับได้

4.2.2 ผลของการแช่ล้าง soluble solid การแช่สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ และการชุบเคลือบด้วยสารละลาย corn starch

ภายหลังการลวกแครอทและทำให้เย็นแล้ว นำแครอทมาทำการแช่ล้าง soluble solid ร่วมกับการแช่สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ ความเข้มข้น 1 % และชุบเคลือบด้วยสารละลาย corn starch ความเข้มข้น 2.5 % เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านขั้นตอนทั้ง 3 วิธี อบแห้งที่ 70°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นหาปริมาณบีตา-แคโรทีน ตามวิธีของ Ranganna (1977) ปริมาณ water insoluble solid และเปอร์เซ็นต์ leaching loss ของแครอทที่ผ่านการแช่ล้าง soluble solid ตามวิธีของ AOAC (1970) ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.8, 4.9 และ 4.10

ตารางที่ 4.8 ผลของการชะล้าง soluble solid การแช่สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ และการชုပ်เคลือบด้วยสารละลาย corn starch ต่อปริมาณบีตา-แคโรทีนในแครอท

treatment	การชะล้าง soluble solid	โซเดียมซัลไฟด์	corn starch	ปริมาณบีตา-แคโรทีนเฉลี่ย ($\mu\text{g. /g.}$) ^d \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	ชะล้าง	แช่	เคลือบ	116.40 \pm 6.81 ^c
2	ชะล้าง	แช่	ไม่เคลือบ	110.03 \pm 7.42 ^c
3	ชะล้าง	ไม่แช่	เคลือบ	106.66 \pm 4.71 ^c
4	ชะล้าง	ไม่แช่	ไม่เคลือบ	60.41 \pm 7.87 ^f
5	ไม่ชะล้าง	แช่	เคลือบ	303.99 \pm 8.51 ^a
6	ไม่ชะล้าง	แช่	ไม่เคลือบ	217.53 \pm 6.68 ^b
7	ไม่ชะล้าง	ไม่แช่	เคลือบ	191.85 \pm 5.25 ^c
8	ไม่ชะล้าง	ไม่แช่	ไม่เคลือบ	169.70 \pm 5.00 ^d

d หมายถึง คำนวณปริมาณจากน้ำหนักแครอทแห้ง

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

ตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณบีตา-แคโรทีนในแครอทภายหลังการชะล้าง soluble solid การแช่สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ และการชုပ်เคลือบด้วยสารละลาย corn starch

SOV	df	MS
การชะล้าง soluble solid (A)	1	89884.93*
การแช่โซเดียมซัลไฟด์ (B)	1	18038.30*
AB	1	3794.53*
การเคลือบ corn starch (C)	1	9749.05*
AC	1	1175.30*
BC	1	223.52*
ABC	1	4070.47*
error	16	44.42

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.10 เปอร์เซ็นต์ water insoluble solid และเปอร์เซ็นต์ leaching loss ของแครอทที่ผ่านการชะล้าง soluble solid

ตัวอย่างแครอท	เปอร์เซ็นต์ water insoluble solid ^a	เปอร์เซ็นต์ leaching loss ^b
แครอทสด	8.067±0.02	-
แครอทที่ผ่านการ ชะล้าง soluble solid	3.346±0.03	4.721

a เป็นเปอร์เซ็นต์ water insoluble solid คำนวณตามสมการ

$$\% \text{ water insoluble solid} = \frac{\text{น้ำหนัก water insoluble solid}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

b เป็นเปอร์เซ็นต์ leaching loss คำนวณตามสมการ

$$\% \text{ leaching loss} = \% \text{ water insoluble solid ในแครอทสด} - \% \text{ water insoluble solid ในแครอทที่ผ่านการชะล้าง soluble solid}$$

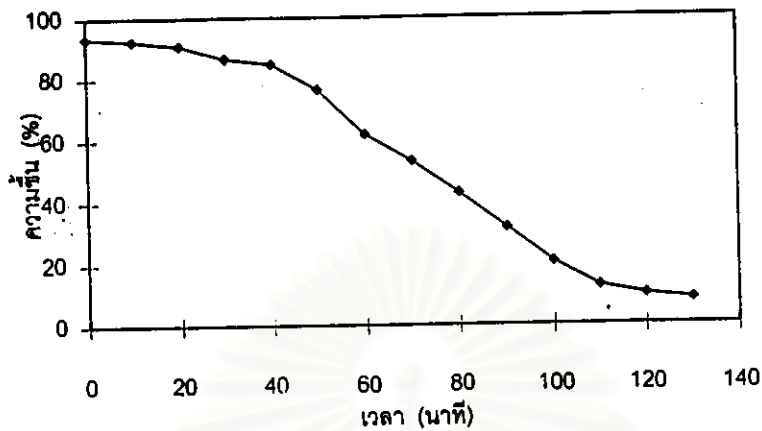
จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Symmetrical Factorial Experiment ขนาด 2 X 2 X 2 พบว่า การชะล้าง soluble solid การแช่สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ความเข้มข้น 1 % และการชุบเคลือบด้วยสารละลาย corn starch ความเข้มข้น 2.5 % รวมทั้งอิทธิพลร่วมของทั้ง 3 วิธี มีผลต่อปริมาณบีตา-แคโรทีนในแครอทอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการชะล้าง soluble solid ถึงแม้จะทำให้เปอร์เซ็นต์ water insoluble solid ลดลง (ตารางที่ 4.10) แต่ก็มีผลทำให้ปริมาณบีตา-แคโรทีนลดลงด้วย ส่วนการแช่สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ความเข้มข้น 1 % และการชุบเคลือบด้วยสารละลาย corn starch ความเข้มข้น 2.5 % จะช่วยรักษาปริมาณบีตา-แคโรทีนไว้ได้มากขึ้น และทั้งสองวิธียังมีอิทธิพลร่วมในการรักษาปริมาณบีตา-แคโรทีนไว้ได้มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้น จึงเลือกการแช่สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ความเข้มข้น 1% ร่วมกับการชุบเคลือบด้วยสารละลาย corn starch ความเข้มข้น 2.5 % สำหรับเตรียมแครอทเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.3 ศึกษาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งแครอท

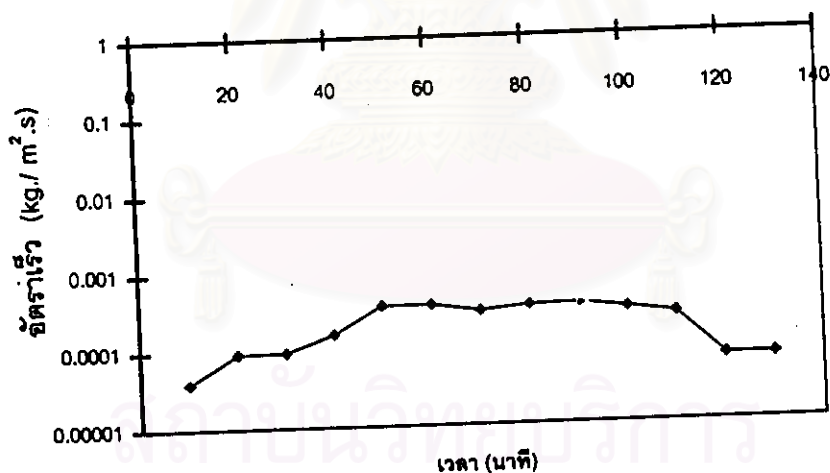
4.3.1 การหาเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้ง

ผลการหาเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งแครอทที่อุณหภูมิ 60 และ 55 °C แสดงดังรูป

ที่ 4.1 - 4.3



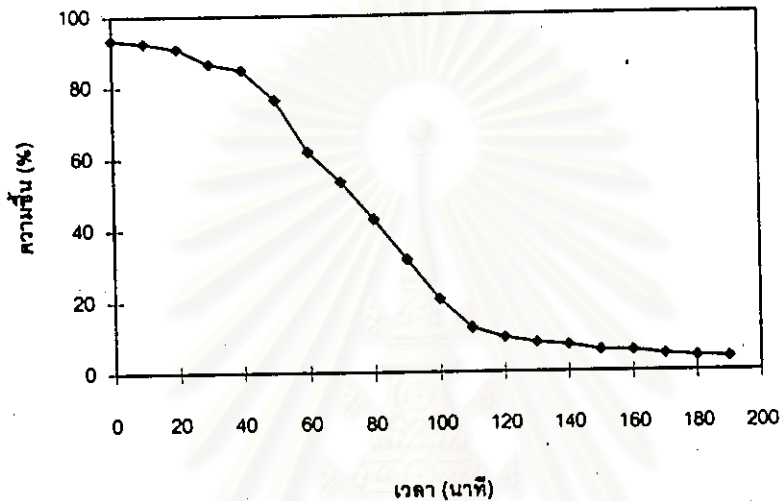
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการอบแห้งกับเวลาที่อุณหภูมิ 60 °C

เมื่อพิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในรูปที่ 4.1 ประกอบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการอบแห้งกับเวลาในรูปที่ 4.2 พบว่า ช่วงอัตราเร็วของการอบแห้งที่จะเริ่มต้นภายหลังจากการอบแห้งเป็นเวลา 50 นาทีและสิ้นสุดที่เวลา 110 นาที ดังนั้นสามารถหาเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C ได้เป็นเวลา 110 นาที ความชื้นของผลิตภัณฑ์จะ

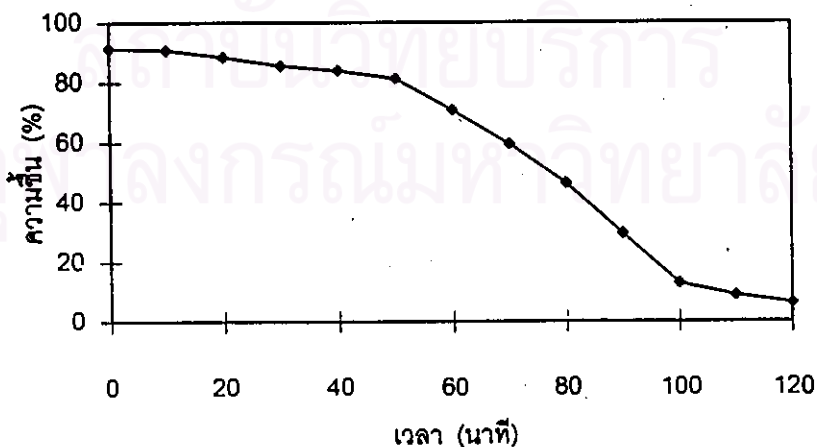
ลดลงจาก 92.51% เป็น 12.56% จากนั้นลดอุณหภูมิเป็น 55°C เพื่อหาเวลาในการอบแห้งทั้งหมด ได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 55°C ดังแสดงตามรูปที่ 4.3 ซึ่งจะเป็นการลดความชื้นจาก 12.56% เป็น 4.11% โดยใช้เวลาในการอบแห้งอีก 70 นาที รวมเวลาในการอบแห้งทั้งหมด 180 นาที



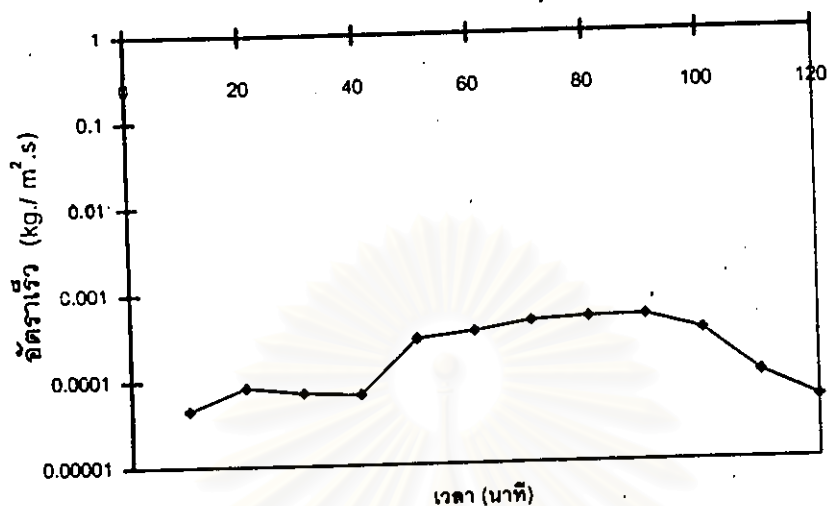
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 55°C

ส่วนการหาเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C และ 65°C แสดงดังรูปที่

4.4 - 4.6



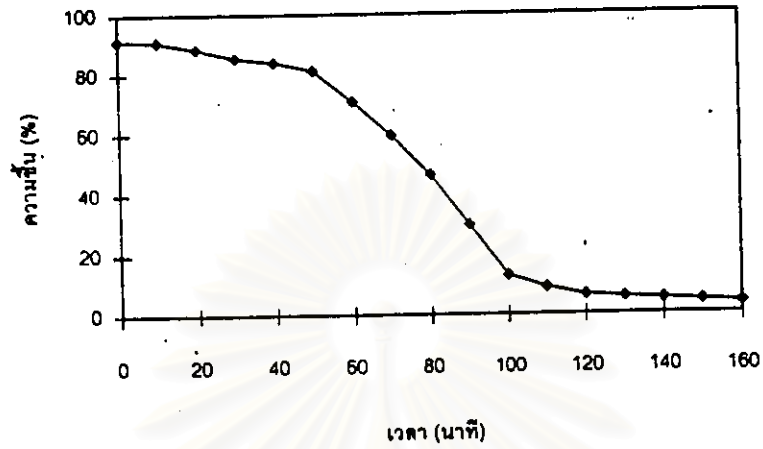
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการอบแห้งกับเวลาที่อุณหภูมิ 70 °C

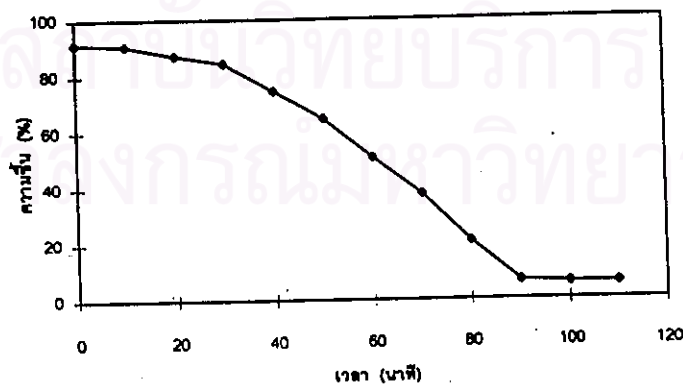
เมื่อพิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในรูปที่ 4.4 ประกอบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการอบแห้งกับเวลาในรูปที่ 4.5 พบว่า ช่วงอัตราเร็วของการอบแห้งคงที่จะเริ่มต้นภายหลังการอบแห้งเป็นเวลา 50 นาที และสิ้นสุดที่เวลา 100 นาที ดังนั้น สามารถหาเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C ได้เป็นเวลา 100 นาที ความชื้นของผลิตภัณฑ์จะลดลงจาก 91.38% เป็น 12.89% จากนั้นลดอุณหภูมิเป็น 65 °C เพื่อหาเวลาในการอบแห้งทั้งหมด ได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 65 °C ดังแสดงในรูป 4.6 ซึ่งจะเป็นการลดความชื้นจาก 12.89% เป็น 4.24% โดยใช้เวลาในการอบแห้งอีก 50 นาที รวมเวลาที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมด 150 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

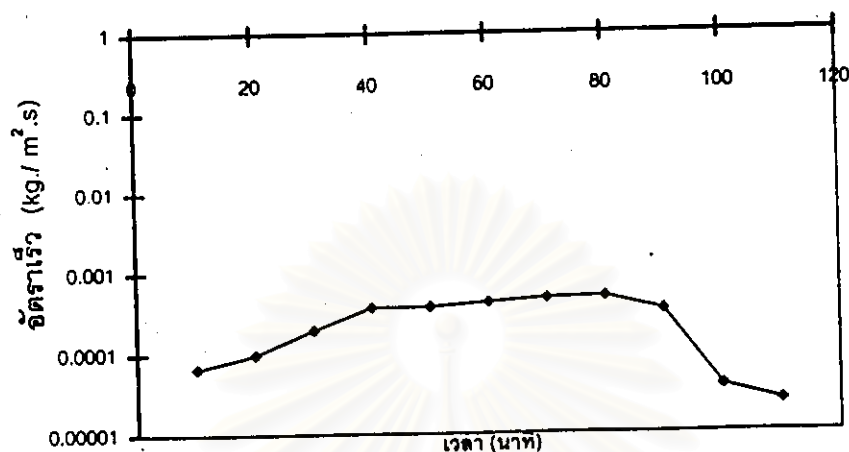


รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 65°C

ในทำนองเดียวกันสามารถหาเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C และ 75°C ได้ตามรูปที่ 4.7-4.9

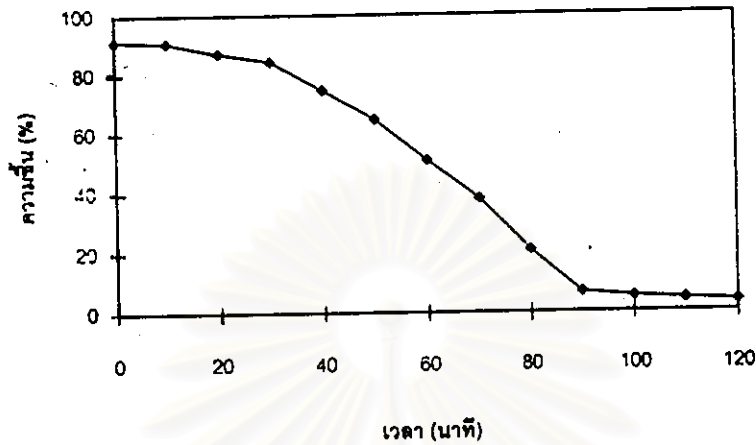


รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการอบแห้งกับเวลาที่อุณหภูมิ 80°C

เมื่อพิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในรูปที่ 4.7 ประกอบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการอบแห้งกับเวลาในรูปที่ 4.8 พบว่า ช่วงอัตราเร็วของการอบแห้งที่จะเริ่มต้นภายหลังการอบแห้งเป็นเวลา 40 นาที และสิ้นสุดที่เวลา 90 นาที ดังนั้นสามารถหาเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C ได้เป็นเวลา 90 นาที ความชื้นของผลิตภัณฑ์จะลดลงจาก 91.51% เป็น 6.59% จากนั้นลดอุณหภูมิเป็น 75°C เพื่อหาเวลาในการอบแห้งทั้งหมด ได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 และ 75°C ดังแสดงตามรูป 4.9 ซึ่งความชื้นจะลดลงจาก 6.59% เป็น 4.21% โดยใช้เวลาในการอบแห้งอีก 20 นาที รวมเวลาในการอบแห้งทั้งสิ้น 110 นาที



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 และ 75 °C

4.3.2 อัตราการคืนรูปของแครอทที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน

ภายหลังการอบแห้งแครอทที่อุณหภูมิเริ่มต้น 60°C, 70°C และ 80°C แล้วนำตัวอย่างแครอทอบแห้งมาหาค่า rehydration ratio และ rehydration rate ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.11 - 4.13 และรูปที่ 4.10 และ 4.11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 Rehydration ratio และ Rehydration rate ของแครอทที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ
ต่างๆ กัน

เวลา (นาที)	Rehydration ratio			Rehydration rate		
	60 และ 55°C	70 และ 65°C	80 และ 75°C	60และ55°C	70 และ 65°C	80 และ 75°C
1	1.97±0.018 ^a	2.02±0.045 ^a	1.78±0.015 ^b	2.94±0.055 ^b	3.14±0.134 ^a	2.37±0.048 ^c
2	2.02±0.002 ^{ab}	2.14±0.004 ^a	1.95±0.005 ^b	1.55±0.001 ^b	1.76±0.012 ^a	1.43±0.011 ^c
3	2.29±0.029 ^a	2.30±0.027 ^a	2.05±0.006 ^b	1.30±0.031 ^a	1.31±0.022 ^a	1.07±0.010 ^b
4	2.52±0.002 ^a	2.44±0.117 ^{ab}	2.17±0.023 ^b	1.15±0.001 ^a	1.10±0.087 ^a	0.89±0.008 ^b
5	2.45±0.008 ^a	2.44±0.002 ^a	2.28±0.001 ^b	0.88±0.003 ^a	0.87±0.0001 ^b	0.77±0.001 ^c
6	2.41±0.049 ^a	2.37±0.002 ^b	2.40±0.037 ^{ab}	0.75±0.006 ^a	0.69±0.0001 ^c	0.72±0.007 ^b
7	2.42±0.021 ^{ab}	2.26±0.003 ^b	2.51±0.018 ^a	0.61±0.002 ^b	0.57±0.0002 ^c	0.66±0.003 ^a
8	2.45±0.018 ^{ab}	2.19±0.056 ^b	2.50±0.028 ^a	0.56±0.002 ^b	0.46±0.017 ^c	0.57±0.003 ^a

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า Rehydration ratio ของแครอทที่ผ่านการ
อบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ กัน

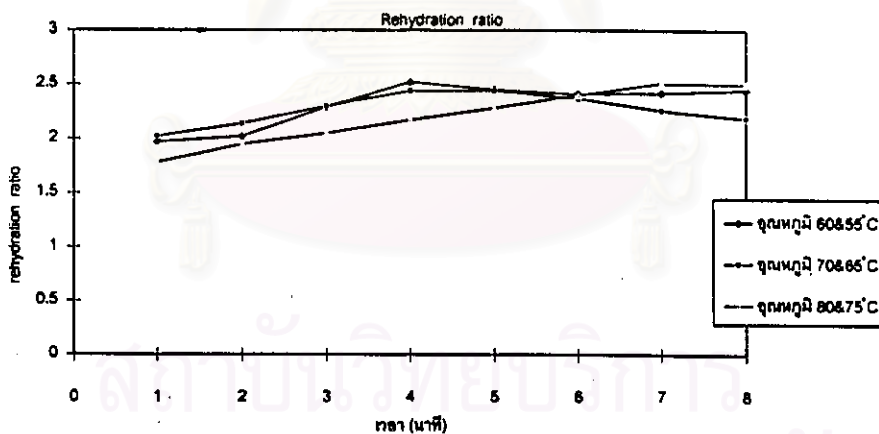
SOV	df	MS							
		1	2	3	4	5	6	7	8
อุณหภูมิในการ อบแห้ง	2	0.06*	0.035*	0.08*	0.14*	0.03*	0.005*	0.07*	0.115*
error	9	0.001	0.007	0.001	0.03	0.007	0.001	0.015	0.027

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

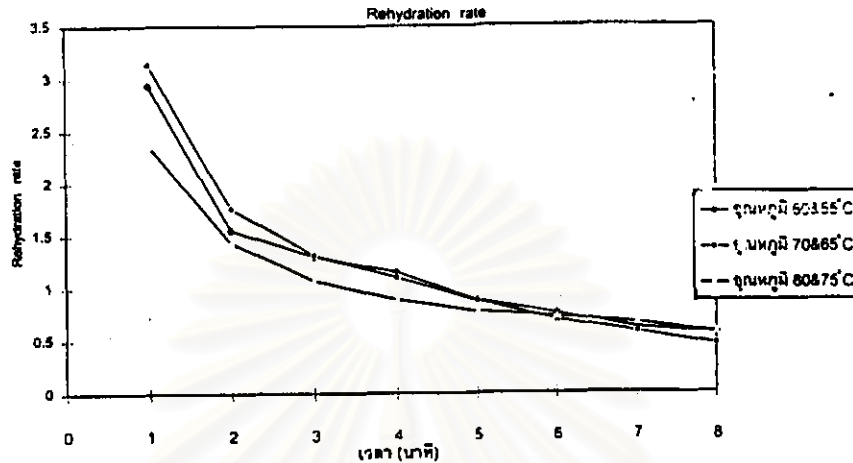
ตารางที่ 4.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า Rehydration rate ของแครอทที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ

SOV	df	MS							
		1	2	3	4	5	6	7	8
อุณหภูมิในการอบแห้ง	2	0.637*	0.110*	0.074*	0.077*	0.013*	0.003*	0.009*	0.016*
error	9	0.007	0.00008	0.0005	0.0026	0.00001	0.00003	0.00001	0.0001

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง rehydration ratio กับเวลา



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง rehydration rate กับเวลา

จากตารางที่ 4.11-4.13 และรูปที่ 4.10 และ 4.11 พบว่าในช่วง 6 นาทีแรกแครอทที่อบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 60°C และ 70°C ค่า rehydration ratio และ rehydration rate มีแนวโน้มสูงกว่าแครอทอบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 80°C แต่ในช่วงนาทที่ 7 และ 8 rehydration ratio และ rehydration rate ของแครอทที่อบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 60°C และ 70°C ต่ำกว่าที่ 80°C เนื่องจากปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อของแครอททั้งสองตัวอย่างสูงกว่าแครอทที่อบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 80°C ดังนั้น การแพร่ของน้ำเข้ามาในเนื้อเยื่อของแครอทจึงลดลง ซึ่งจากผลการทดลองนี้ แสดงว่าอุณหภูมิที่ใช้อบแห้งมีผลต่อการดูดน้ำคืนของแครอทโดยแครอทที่อบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 70°C จะสามารถคืนรูปได้ดีและเร็วกว่าตัวอย่างอื่นๆ

4.3.3 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แครอท

ภายหลังจากการอบแห้งแครอทที่อุณหภูมิเริ่มต้น 60°C , 70°C และ 80°C นำตัวอย่างแครอทมาทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี scoring test ใช้ผู้ทดสอบที่มีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์และผ่านการฝึกฝนจำนวน 8 คน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.14 และ 4.15

ตารางที่ 4.14 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแครอทที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ กัน

อุณหภูมิ (°C)	คะแนนเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	ลักษณะเนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
60 และ 55	10.44 \pm 1.34 ^c	10.44 \pm 1.14 ^c	11.62 \pm 0.97 ^b	10.41 \pm 0.48 ^b	ยอมรับ
70 และ 65	12.56 \pm 0.50 ^a	12.56 \pm 0.49 ^a	12.62 \pm 0.53 ^a	12.16 \pm 0.64 ^a	ยอมรับ
80 และ 75	11.69 \pm 0.84 ^b	11.69 \pm 0.84 ^b	11.78 \pm 0.41 ^b	10.84 \pm 0.42 ^b	ยอมรับ

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแครอทที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ กัน

SOV	df	MS			
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	ลักษณะเนื้อสัมผัส
treatment	2	19.34*	19.34*	2.31*	6.63*
block	7	0.38	0.38	0.56	0.34
error	14	0.21	0.21	0.42	0.24

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.14 และ 4.15 พิจารณาคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า แครอทที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 70°C มีคะแนนการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสสูงกว่าแครอทที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่า อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ส่วนคุณภาพด้านสีของแครอทและการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี แสดงดังตารางที่ 4.16 - 4.17

ตารางที่ 4.16 ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของแครอทสด แครอทตาก และแครอทอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ ที่ผ่านการกินรูปแล้ว

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	L	a	b
แครอทสด	61.91 \pm 1.55 ^a	20.38 \pm 1.92 ^c	39.30 \pm 0.89 ^d
แครอทตาก	51.01 \pm 0.67 ^c	12.98 \pm 0.25 ^d	40.48 \pm 1.93 ^c
แครอทอบแห้งที่			
- 60 และ 55°C	54.70 \pm 1.28 ^b	21.51 \pm 1.68 ^b	51.19 \pm 2.00 ^b
- 70 และ 65°C	51.85 \pm 1.71 ^c	22.73 \pm 0.59 ^a	51.32 \pm 1.44 ^{bb}
- 80 และ 75°C	51.31 \pm 1.06 ^c	22.43 \pm 1.42 ^b	52.38 \pm 1.58 ^a

a,b,c,d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของแครอทสด แครอทตาก และแครอทอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ ที่ผ่านการกินรูปแล้ว

SOV	df	MS		
		L	a	b
treatment	4	83.77*	65.02*	167.07*
error	15	1.71	1.80	2.62

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบค่าสีในแครอทสด แครอทตาก และแครอทอบแห้งที่ผ่านการกินรูปแล้ว พบว่า แครอทสดจะมีค่าความสว่าง (L) สูงที่สุด แต่เมื่อผ่านการตากแล้วจะมีค่าสีแดง (a) ลดลง แต่ค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ส่วนแครอทอบแห้งและผ่านการกินรูปแล้วจะมีค่าความสว่างลดลง โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ คือ อุณหภูมิเริ่มต้น 60°C แครอทจะมีค่าความสว่างสูงกว่าแครอทอบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 70°C และ 80°C แต่จะมีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองต่ำกว่าแครอทที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 70°C และ 80°C ตามลำดับ

ส่วนค่าความแน่นเนื้อของแครอทและการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงดังตารางที่ 4.18 - 4.19

ตารางที่ 4.18 ค่าความแน่นเนื้อของแครอทสด แครอทลวก และแครอทอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ ที่ผ่านการคั้นรูปแล้ว

อุณหภูมิในการอบแห้ง	ความแน่นเนื้อ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (kg./cm. ³)
แครอทสด	31.15 ± 1.53 ^a
แครอทลวก	20.03 ± 1.22 ^b
แครอทอบแห้งที่	
- 60 และ 55°C	12.34 ± 0.38 ^c
- 70 และ 65°C	13.06 ± 0.60 ^c
- 80 และ 75°C	4.07 ± 0.41 ^d

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแน่นเนื้อของแครอทสด แครอทลวก และแครอทอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ ที่ผ่านการคั้นรูปแล้ว

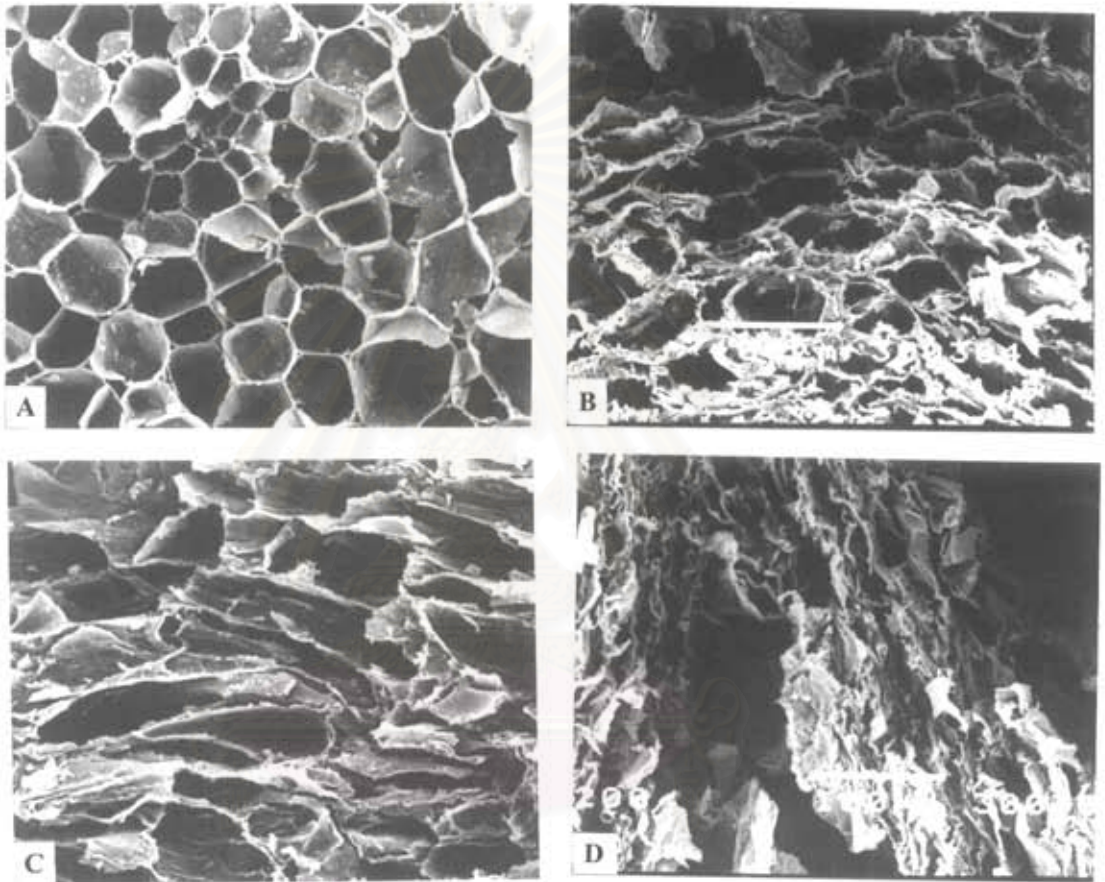
SOV	df	MS
อุณหภูมิในการอบแห้ง	4	410.14*
error	15	0.90

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมีผลต่อค่าความแน่นเนื้อของแครอท โดยแครอทที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 60°C และ 70°C จะมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าแครอทที่อบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 80°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ส่วนโครงสร้างเซลล์ของแครอทสดและแครอทอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่า แครอทอบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 60°C, 70°C และ 80°C โครงสร้างเซลล์เกิดความเสียหายและเหี่ยวช่น

คืนรูปได้น้อยลง โดยเฉพาะเซลล์ของแคโรททีผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 80°C เซลล์ของแคโรททีเกิดการแยกตัวทำให้เกิดช่องว่างขึ้นระหว่างเซลล์ ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 โครงสร้างเซลล์ของแคโรททีสดและแคโรททีอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ ภายหลังจากคืนรูป
กำลังขยาย 200 เท่า

- A. โครงสร้างเซลล์ของแคโรททีสด
- B. โครงสร้างเซลล์ของแคโรททีอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 55°C หลังการคืนรูป
- C. โครงสร้างเซลล์ของแคโรททีอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 65°C หลังการคืนรูป
- D. โครงสร้างเซลล์ของแคโรททีอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 และ 75°C หลังการคืนรูป

สำหรับปริมาณบีตา-แคโรทีนในแครอทที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.20 - 4.21

ตารางที่ 4.20 ปริมาณบีตา-แคโรทีนในแครอทที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ กัน

อุณหภูมิในการอบแห้ง (°C)	ปริมาณบีตา-แคโรทีนเฉลี่ย ($\mu\text{g./g.}$) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
60 และ 55	224.52 ± 13.94^a
70 และ 65	231.61 ± 21.39^a
80 และ 75	195.23 ± 1.59^b

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณบีตา-แคโรทีนในแครอทที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ กัน

SOV	df	MS
อุณหภูมิในการอบแห้ง	2	1487.78*
error	9	218.11

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design พบว่า แครอทอบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 60°C และ 70°C สามารถรักษาปริมาณบีตา-แคโรทีนไว้ได้มากกว่าแครอทอบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 80°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งแครอทเมื่อพิจารณาจากคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ค่าสี ค่าความแน่นเนื้อ โครงสร้างเซลล์และปริมาณบีตา-แคโรทีน คือ การอบแห้ง แครอทที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 100 นาที และลดอุณหภูมิเป็น 65°C อบแห้งต่อไปเป็นเวลา 50 นาที ซึ่งแครอทจะมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 4.24%

4.4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แคโรทอปแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 65 °C

นำแคโรทที่ผ่านการตาก แห้งสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ ความเข้มข้น 1 % และซูปเคลือบด้วยสารละลาย corn starch ความเข้มข้น 2.5 % มาทำการอบแห้งที่ 70 และ 65 °C จากนั้นหาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แคโรทอปแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 65 °C

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	หน่วย
ความชื้น	4.13 ± 0.04	%
โปรตีน	9.03 ± 0.52	%
ไขมัน	2.03 ± 0.08	%
คาร์โบไฮเดรต	66.12 ± 1.42	%
เถ้า	7.47 ± 0.13	%
เส้นใย	11.21 ± 0.81	%
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	1464.95 ± 82.52	ppm.
บีตา-แคโรทีน	232.65 ± 4.24	µg./g.
beta-carotene retention ^a	50.37 ± 0.31	%

a คิดเทียบกับปริมาณบีตา-แคโรทีนในแคโรทสดซึ่งมีปริมาณ 461.86 µg./g.

% beta-carotene retention = $\frac{\text{ปริมาณบีตา-แคโรทีนในแคโรทอปแห้ง}}{\text{ปริมาณบีตา-แคโรทีนในแคโรทสด}} \times 100$

4.5 ศึกษาผลของ water activity (a_w) ที่มีต่อปริมาณบีตา-แคโรทีนในแคโรท

โดยนำแคโรทอปแห้งมาปรับความชื้นด้วย K_2CO_3 , $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, NaBr, $NaNO_2$ ให้มีค่า a_w เท่ากับ 0.42, 0.52, 0.58 และ 0.65 ตามลำดับ เก็บรักษาตัวอย่างในขวดแก้วหุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นเวลา 3 เดือน และเนื่องจากค่า a_w ของตัวอย่างจะเข้าสู่สมดุลในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา จึงถือว่าวันที่ 5 เป็นวันเริ่มต้นในการติดตามผลและจะทำการตรวจคุณภาพตัวอย่างหลังจากนั้นทุก 1 เดือน ซึ่งให้ผลดังตารางที่ 4.23 - 4.24

ตารางที่ 4.23 ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของแครอทอบแห้งที่แปรรูปด้วย a_w และเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ กัน

a_w	เวลา (เดือน)	ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		L	a	b
control (0.38)	0	53.44 \pm 0.56 ^{cdefg}	29.59 \pm 0.35 ^{bcd}	39.00 \pm 0.76 ^k
	1	54.29 \pm 0.27 ^{bcd}	27.75 \pm 1.25 ^{ef}	40.68 \pm 1.53 ^{hij}
	2	52.59 \pm 0.10 ^{efgh}	22.94 \pm 0.12 ^a	43.49 \pm 0.20 ^{cd}
0.42	0	55.61 \pm 0.35 ^a	17.26 \pm 0.62 ^j	46.79 \pm 0.19 ^a
	1	52.04 \pm 0.91 ^h	31.72 \pm 0.93 ^a	41.30 \pm 0.14 ^{zhi}
	2	53.12 \pm 0.04 ^{cdefgh}	28.24 \pm 0.49 ^{def}	41.83 \pm 1.10 ^{fgh}
0.52	0	54.38 \pm 0.53 ^{abc}	20.13 \pm 0.67 ^{hi}	44.86 \pm 0.24 ^b
	1	55.61 \pm 0.23 ^a	17.38 \pm 0.46 ^j	45.28 \pm 0.25 ^b
	2	52.34 \pm 0.19 ^{fgh}	29.87 \pm 0.47 ^{bc}	39.74 \pm 0.78 ^{jk}
0.58	0	53.03 \pm 0.52 ^{cdefgh}	29.24 \pm 0.47 ^{bcd}	40.17 \pm 0.12 ^{ijk}
	1	54.07 \pm 1.15 ^{bcd}	27.43 \pm 0.25 ^f	41.91 \pm 0.49 ^{efgh}
	2	54.08 \pm 0.78 ^{bcd}	18.87 \pm 0.84 ^l	44.57 \pm 0.08 ^{bc}
0.65	0	51.83 \pm 0.39 ^h	30.22 \pm 0.11 ^b	41.05 \pm 1.09 ^{ghij}
	1	53.56 \pm 0.17 ^{cde}	29.46 \pm 0.65 ^{bcd}	41.23 \pm 0.24 ^{zhi}
	2	53.77 \pm 0.11 ^{bcd}	27.63 \pm 0.88 ^f	42.22 \pm 0.37 ^{defg}
0.65	0	54.42 \pm 0.50 ^{abc}	20.41 \pm 0.21 ^h	43.40 \pm 0.23 ^{cd}
	1	52.20 \pm 0.18 ^{gh}	32.65 \pm 0.76 ^a	40.52 \pm 0.25 ^{hij}
	2	53.67 \pm 0.27 ^{bcd}	28.72 \pm 0.57 ^{bcd}	42.76 \pm 0.39 ^{def}
0.65	3	54.28 \pm 0.17 ^{bcd}	28.45 \pm 0.15 ^{cdef}	43.02 \pm 0.02 ^{def}
	3	54.95 \pm 1.24 ^{ab}	21.28 \pm 1.05 ^h	43.23 \pm 0.22 ^{de}

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

ตารางที่ 4.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของแครอทอบแห้งที่แปรระดับ a_w และเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ กัน

SOV	df	MS		
		L	a	b
a_w (A)	4	0.562*	18.795*	3.328*
เวลา (B)	3	11.095*	264.156*	36.755*
AB	12	0.914*	6.047*	2.506*
error	20	0.302	0.417	0.347

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetrical Factorial Experiment ขนาด 5 X 4 พบว่า ค่า a_w และเวลารวมทั้งอิทธิพลร่วมของค่า a_w กับเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่าสีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะค่าสีแดงซึ่งเป็นลักษณะสีของบีตา-แคโรทีนจะมีค่าลดลงตามเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา แต่ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a_w สูงจะมีค่าสีแดงสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a_w ต่ำ สำหรับผลของค่า a_w และเวลาในการเก็บรักษาต่อปริมาณบีตา-แคโรทีนในแครอทอบแห้งแสดงในตารางที่ 4.25 - 4.26 และรูปที่ 4.13

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.25 ปริมาณบิตา-แคโรทีนของแครอทอบแห้งที่แปรระดับ a_w และเวลาในการเก็บรักษา
ต่างๆ กัน

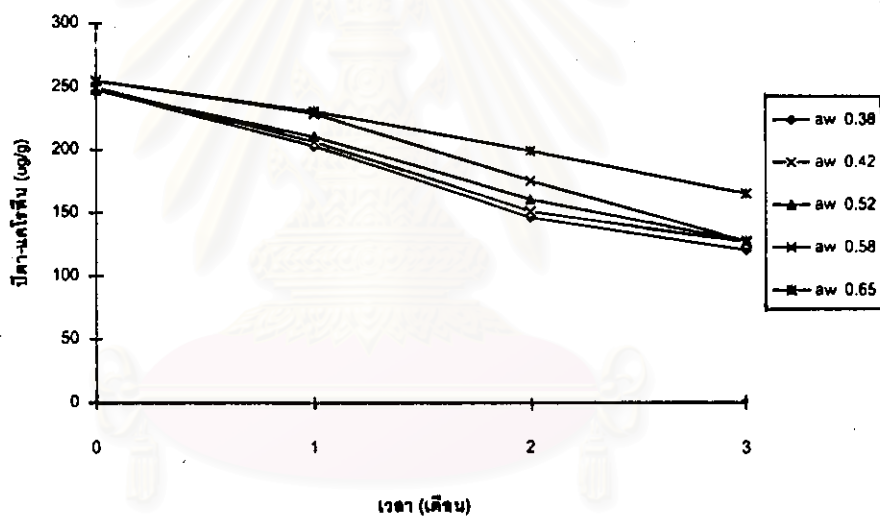
a_w	ความชื้น (%)	เวลา (เดือน)	ปริมาณบิตา-แคโรทีนเฉลี่ย ($\mu\text{g. /g.}$) \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
control (0.38)	4.11 ± 0.19	0	247.34 ± 1.08^a
		1	202.87 ± 1.94^c
		2	145.97 ± 0.20^e
		3	120.25 ± 5.33^b
0.42	8.85 ± 0.25	0	249.75 ± 5.97^a
		1	206.36 ± 6.85^c
		2	150.73 ± 1.93^{fb}
		3	126.18 ± 4.17^b
0.52	12.05 ± 0.03	0	247.72 ± 2.81^a
		1	210.64 ± 2.73^c
		2	160.12 ± 4.89^{cf}
		3	127.36 ± 6.68^b
0.58	14.44 ± 0.30	0	254.58 ± 1.04^a
		1	228.60 ± 8.73^b
		2	175.14 ± 0.25^d
		3	127.63 ± 2.40^b
0.65	18.47 ± 0.59	0	254.96 ± 1.36^a
		1	230.78 ± 6.93^b
		2	198.76 ± 13.94^c
		3	165.15 ± 2.77^{bc}

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

ตารางที่ 4.26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณบิตา-แคโรทีนของแครอทอบแห้งที่แปรระดับ a_w และเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ กัน

SOV	df	MS
a_w (A)	4	1418.099*
เวลา (B)	3	27155.20*
AB	12	169.516*
error	20	27.804

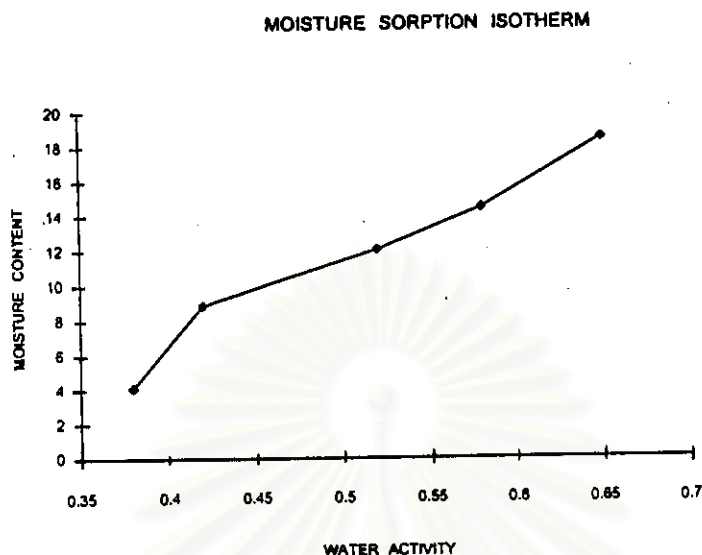
* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณบิตา-แคโรทีนกับเวลาของผลิตภัณฑ์แครอทอบแห้งที่มีค่า a_w ต่างๆ กัน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetrical Factorial Experiment ขนาด 5 X 4 และรูปที่ 4.13 พบว่า ค่า a_w และเวลาในการเก็บรักษาและอิทธิพลร่วมระหว่าง a_w กับเวลา มีผลต่อปริมาณบิตา-แคโรทีนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณบิตา-แคโรทีนจะลดลงตามเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา แต่ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a_w สูงจะสามารถรักษาปริมาณบิตา-แคโรทีนไว้ได้มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a_w ต่ำ

จากค่า a_w และความชื้นในตารางที่ 4.25 สามารถเขียนกราฟ moisture sorption isotherm ได้ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 moisture sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์แคโรทอปแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 65°C

3.6 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการศึกษาผลิตภัณฑ์

โดยนำแคโรทอปแห้งมาทำการบรรจุชนิด OPP/PE/Alw/PE ฤงละ 15 กรัม ที่สถานะสูญญากาศ (0.8 บาร์) แล้วเก็บรักษาในสถานะปกติ (อุณหภูมิห้อง) เนื่องจากสถานะในการเก็บรักษานี้เป็นสถานะที่มักใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคโรทอปแห้งที่มีขายในท้องตลาดในปัจจุบัน โดยทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือน และตรวจคุณภาพตัวอย่างเริ่มต้นและหลังจากนั้นทุก 1 เดือน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.27 - 4.31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.27 ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของแคโรทอยบแห้งที่เวลาในการเก็บรักษาต่างๆ กัน

เวลา (เดือน)	ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	L ^{ns}	a	b
0	56.35 \pm 0.48	22.00 \pm 0.88 ^a	50.02 \pm 0.35 ^{ab}
1	56.28 \pm 0.70	21.70 \pm 0.75 ^a	49.71 \pm 0.18 ^b
2	56.07 \pm 0.21	19.56 \pm 0.68 ^b	50.30 \pm 1.25 ^{ab}
3	55.71 \pm 1.85	17.56 \pm 0.80 ^c	51.06 \pm 0.51 ^{ab}
4	57.16 \pm 0.48	17.24 \pm 0.52 ^c	50.67 \pm 0.38 ^{ab}
5	57.92 \pm 0.49	16.33 \pm 0.20 ^c	51.81 \pm 1.02 ^a

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งเดียวกันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของแคโรทอยบแห้งที่เวลาในการเก็บรักษาต่างๆ กัน

SOV	df	MS		
		L	a	b
เวลาในการเก็บรักษา	5	1.97 ^{ns}	17.34*	1.73*
error	12	0.77	0.45	0.53

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design พบว่า เวลาในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าความสว่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าสีแดงซึ่งเป็นลักษณะสีของบีตา-แคโรทีนมีค่าลดลง



สำหรับผลของเวลาในการเก็บรักษาต่อปริมาณบีตา-แคโรทีนแสดงในตารางที่ 4.29 - 4.30

ตารางที่ 4.29 ปริมาณบีตา-แคโรทีนของแครอทอบแห้งที่เวลาในการเก็บรักษาต่างๆ กัน

เวลา (เดือน)	ปริมาณบีตา-แคโรทีนเฉลี่ย($\mu\text{g./g.}$) \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	266.18 ± 3.78^a
1	258.88 ± 5.71^{ab}
2	251.54 ± 15.79^b
3	199.64 ± 4.97^c
4	145.33 ± 0.55^d
5	103.41 ± 1.64^e

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้งเดียวกันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณบีตา-แคโรทีนในแครอทอบแห้งที่เวลาในการเก็บรักษาต่างๆ กัน

SOV	df	MS
เวลาในการเก็บรักษา	5	13630.88*
error	12	53.99

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design พบว่า เวลาในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณบีตา-แคโรทีนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้นปริมาณบีตา-แคโรทีนจะมีค่าลดลง

เมื่อพิจารณาผลทางด้านจุดชีววิทยาของผลิตภัณฑ์แครอทอบแห้งที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ กัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) และปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold) ในผลิตภัณฑ์แคโรทอปแห่งที่เวลาการเก็บรักษาต่างๆ กัน

เวลา (เดือน)	TPC (colony/g.)	ยีสต์และรา (colony/g.)
0	ไม่พบ	ไม่พบ
1	ไม่พบ	ไม่พบ
2	ไม่พบ	ไม่พบ
3	13	ไม่พบ
4	27	ไม่พบ
5	47	20

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) พบว่า ที่ระดับความเจือจางของตัวอย่างเท่ากับ 1 : 10 สามารถตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลาตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไป และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณยีสต์และราสามารถตรวจพบเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือนที่ระดับความเจือจางเท่ากับ 1 : 10 เช่นกัน แต่ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณของยีสต์และราที่ตรวจพบมีปริมาณน้อยมากคือ ต่ำกว่ามาตรฐานของอาหารแห่งที่กำหนดให้มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 10,000 โคโลนี/ กรัม และปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 100 โคโลนี/ กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย