



การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองผลิตอาหารเด็กอ่อน โดยใช้เครื่องมือทำให้แห้งแบบลูกกลิ้ง เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในการทำให้แห้งที่มีต่อคุณภาพอาหาร นอกจากนี้ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรวมทั้งภาวะบรรจุและสภาพการบรรจุอีกด้วย

#### 6.1 อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ในการทำให้แห้ง

ตัวแปรที่ใช้ศึกษามี 4 ตัวที่สำคัญคือ ความดันไอน้ำ ความเร็วลูกกลิ้ง อุณหภูมิของตัวอย่างที่ป้อนเข้าเครื่องและปริมาณของแข็งในตัวอย่าง โดยพิจารณาว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ต่อน้อยกว่าร้อยละ 5 และไวตามินซี ต้องถูกทำลายน้อยที่สุด นอกจากนี้อุณหภูมิของตัวอย่างและปริมาณของแข็งในตัวอย่างต้องไม่ทำให้ตัวอย่างมีความหนืดมากจนยากต่อการป้อนเข้าเครื่อง

จากการศึกษาอิทธิพลของความดันไอน้ำและความเร็วลูกกลิ้งพบว่า เมื่อใช้ความดันไอน้ำสูงขึ้นไวตามินซีจะถูกทำลายเพิ่มขึ้นแต่ทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลง เมื่อใช้ความเร็วต่ำ (เวลานาน) ไวตามินซีจะถูกทำลายมากและความชื้นมีค่าต่ำ แต่ถ้าใช้ความเร็วสูงไป (เวลาน้อย) จะทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงจนกระทั่งมีผลทำให้ไวตามินซีถูกทำลายได้มากขึ้นด้วยเมื่อพิจารณา 2 ตัวแปรนี้ควบคู่กันพบว่า ควรใช้ความดันไอน้ำ 35 ปอนด์/ตารางนิ้ว และความเร็วลูกกลิ้ง 3 รอบ/นาที ส่วนอิทธิพลของอุณหภูมิของตัวอย่างที่ป้อนเข้าเครื่อง

พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิค่าลงวิตามินซีจะถูกทำลายน้อยและความชื้นจะลดลง แต่ทำให้ตัวอย่างมีความหนืดมาก อุณหภูมิที่ควรใช้จะเป็น 5°ซ สำหรับอิทธิพลของปริมาณของแข็ง ในตัวอย่างนั้นพบว่า เมื่อปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น วิตามินซีจะถูกทำลายน้อยลงแต่ไม่ค่อยมีผลต่อความชื้น ปริมาณของแข็ง 18% จะเป็นปริมาณสูงสุดที่เหมาะสมในการทำ

ผลการศึกษาคั่วแปรต่าง ๆ เหล่านี้ สรุปได้ว่าสภาวะการผลิตที่เหมาะสมสำหรับเครื่องมือทำให้แห้งแบบลูกกลิ้งขนาด 12" คูณ 12" คือ

ความดันไอน้ำ เท่ากับ 35 ปอนด์/ตารางนิ้ว

ความเร็วลูกกลิ้ง เท่ากับ 3 รอบ/นาที

อุณหภูมิของตัวอย่างที่ป้อนเข้าเครื่อง เท่ากับ 50°ซ

ปริมาณของแข็งในตัวอย่าง เท่ากับ 18%

เมื่อผลิตอาหารเด็กอ่อนขึ้นมาโดยใช้สภาวะการผลิตที่สรุปได้ดังกล่าวแล้ว พบว่าอาหารที่ผลิตได้มีความชื้นประมาณ 4% และวิตามินซีถูกทำลายระหว่างการทำให้แห้งประมาณ 40%

วิตามินซีนอกจากจะถูกทำลายขณะการทำให้แห้งแล้วยังถูกทำลายในช่วงการเตรียมวัตถุดิบอีกด้วย พบว่าในการต้มวิตามินซีถูกทำลายประมาณ 26%

## 6.2 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการผลิต

ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งในสภาวะที่มีการเร่งปฏิกิริยาและที่อุณหภูมิปกติ (30°ซ) โดยสภาวะที่มีการเร่งปฏิกิริยานั้นบรรจุผลิตภัณฑ์ในกระป๋องในสภาพความดันต่ำกว่าบรรยากาศปกติ 10 นิ้วปรอท และเก็บที่อุณหภูมิ 40°ซ , 50°ซ และ 60°ซ เป็นเวลา 7 อาทิตย์ สำหรับที่อุณหภูมิปกติจะบรรจุผลิตภัณฑ์ในภาชนะสภาพต่างกัน 4 แบบ คือบรรจุกระป๋องในสภาพความดันต่ำกว่าบรรยากาศปกติ 10 นิ้วปรอทและในสภาพความดันปกติ, บรรจุ

ของในสภาพความดันปกติและในสภาพบรรยากาศของไนโตรเจน เก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือน ผลการศึกษาพบว่าเบื้องต้นคือ

### การเปลี่ยนแปลงสี

ผลิตภัณฑ์จะมีสีน้ำตาลมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลายาวขึ้น การเก็บที่อุณหภูมิ 30 °C ปรากฏว่าสีของผลิตภัณฑ์จะซีดจางลง ทั้งนี้คาดว่า เป็นเพราะมีปฏิกิริยาการซีดจางสี (Bleaching reaction) เกิดขึ้นพร้อมกับปฏิกิริยาการเกิดสารสีน้ำตาล โดยที่ที่อุณหภูมิค่าปฏิกิริยาดังนี้ จะมีความสำคัญน้อยกว่าปฏิกิริยาแรก อย่างไรก็ตามสีของผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับ ตลอดระยะเวลา 6 เดือน

เมื่อคำนวณอายุการเก็บโดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงสี พบว่า ผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บในสภาพความดันต่ำกว่าบรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิ 30 °C จะมีอายุการเก็บประมาณ 1 ปี 4 เดือน

### การเปลี่ยนแปลงกลิ่น

ผลิตภัณฑ์จะมีกลิ่นหืนมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลายาวขึ้น การศึกษาในสภาวะที่มีการเร่งปฏิกิริยานั้นพบว่าไม่สามารถหาค่า TBA ซึ่งแสดงระดับที่คนไม่ยอมรับกลิ่นได้ ทั้งนี้เพราะผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยวัตถุหลาย ชนิดทำให้มีกลิ่นวัตถุอื่น ๆ เข้าแทรกแซงกลิ่นหืนที่จะสังเกตได้ ประกอบกับ ผู้ทดสอบยังมีความชำนาญไม่พอ แต่จากการศึกษาที่อุณหภูมิ 30 °C หาค่า TBA ซึ่งแสดงระดับที่คนไม่ยอมรับกลิ่นได้จากผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาพความดันบรรยากาศปกติ ดังนั้นโดยการลากเส้นกราฟต่อออกไปจากช่วงที่ศึกษา (Extrapolation) ของผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บในสภาพความดันต่ำกว่าบรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิ 30 °C พบว่ามีอายุการเก็บประมาณ 1 ปี 2 เดือน

### การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส

การศึกษาในสภาวะที่มีการเร่งปฏิกิริยาพบว่า การตรวจสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำโดยหาค่าดัชนีการดูดซึมน้ำนั้นไม่สามารถนำผลการทดลองมาสรุปถึงความแตกต่างของลักษณะเนื้อสัมผัสได้ ดังนั้นในการศึกษาที่อุณหภูมิ 30 °ซ จึงเปลี่ยนการตรวจสอบมาเป็นวัดค่าความหนืดแทนพบว่าตลอดเวลา 6 เดือน ที่ศึกษาความหนืดจะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น แต่ลักษณะการแยกตัวของผลิตภัณฑ์ยังไม่ปรากฏ ทำให้ไม่รู้สีกสากดินเมื่อชิม และผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับตลอดระยะเวลาการทดลอง

เนื่องจากช่วงการศึกษาดั้นเพียง 6 เดือน จึงไม่สามารถบอกค่าความหนืดซึ่งแสดงระดับที่คนจะไม่ยอมรับลักษณะเนื้อสัมผัสได้ ดังนั้นจึงไม่รวมเอาผลการเก็บเมื่อพิจารณาจากลักษณะเนื้อสัมผัส

### การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น

ศึกษาเฉพาะเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30 °ซ พบว่าในช่วงเวลา 6 เดือน การเปลี่ยนแปลงมีค่าขึ้นลง ไม่แตกต่างกันมาก จึงไม่เห็นแนวโน้มการลดหรือเพิ่มที่แน่นอนทำให้ไม่สามารถหาอายุการเก็บจากปริมาณความชื้น อย่างไรก็ตาม พบว่า ปริมาณความชื้นยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด คือน้อยกว่า 5%

### การเปลี่ยนแปลงปริมาณไวตามินซี

ศึกษาเฉพาะเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30 °ซ พบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณไวตามินซีจะลดลงและลดลงรวดเร็วในช่วง 3 เดือนแรก หลังจากนั้นมีความค่อนข้างคงที่ การเปลี่ยนแปลงในช่วงแรกนี้เมื่อนำไปหาอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเสื่อมสลายของไวตามินซีจะมีค่าอยู่ในช่วง  $2.6 \times 10^{-3} - 6.4 \times 10^{-3}$  (วัน)<sup>-1</sup>

อายุการเก็บเมื่อพิจารณาจากการเสื่อมสลายของวิตามินซีแสดงใน  
 เทอมของระยะเวลาการเก็บที่วิตามินซีถูกทำลายไปครึ่งหนึ่ง (Half life)  
 โดยการคำนวณพบว่า ผลិតภัณฑ์ซึ่งเก็บในสภาพความดันต่ำกว่าบรรยากาศปกติ  
 ที่อุณหภูมิต่ำ 30 °ซ นั้น มีอายุการเก็บได้นานประมาณ 5 เดือน วิตามินซีจะถูก  
 ทำลายไปครึ่งหนึ่ง

จากผลการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่สรุปไว้ การเปลี่ยนแปลงที่มีความสำคัญ  
 ที่จะนำมาพิจารณาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ คือการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและวิตามินซี  
 แต่เนื่องจากสามารถเพิ่มเติมปริมาณวิตามินซีลงในอาหารเพื่อให้มีปริมาณหลัง  
 การเก็บอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดได้ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงกลิ่นจึงมีผลต่ออายุการเก็บ  
 มากที่สุดและสรุปได้ว่าอาหารเด็กก่อนที่ถูกผลิตขึ้นมาโดยใช้สภาวะการผลิตซึ่งได้  
 จากการศึกษาครั้งนี้ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่ำ 30 °ซ ในสภาพความดันต่ำกว่าบรรยากาศ  
 ปกติ จะเก็บได้นานประมาณ 1 ปี 2 เดือน โดยที่สี, กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัส  
 ของอาหารยังเป็นที่ยอมรับ

### 6.3 ผลของภาชนะบรรจุและสภาพการบรรจุ

ภาชนะบรรจุที่ใช้ศึกษาจะคำนึงถึงว่าสามารถป้องกันการซึมผ่านของ  
 ไอน้ำและออกซิเจนได้ จึงเลือกใช้กระป๋องโลหะ และช่องที่ทำจากแผ่นฟิล์มซึ่ง  
 ใช้วัสดุหลายชนิดเคลือบซ้อนกัน สภาพการบรรจุมี 4 แบบ คือ บรรจุกระป๋อง  
 ในสภาพความดันต่ำกว่าบรรยากาศปกติ , บรรจุกระป๋องในสภาพความดันบรรยากาศ  
 ปกติ และบรรจุของในสภาพบรรยากาศของไนโตรเจน จากการศึกษาพบว่า การ  
 บรรจุภาชนะทั้ง 4 แบบนี้ มีผลต่อความชื้นและปฏิกิริยาการเกิดสารสีน้ำตาล  
 น้อยมากภายในระยะเวลา 6 เดือนที่ใช้ศึกษา ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงใกล้  
 เคียงกัน แต่มีผลต่อการเกิดกลิ่นหืนและวิตามินซีมาก ทั้งนี้เนื่องจากสภาพการ  
 บรรจุทำให้มีออกซิเจนซึ่งจะเข้าไปเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาในปริมาณที่แตกต่างกัน  
 ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหืนเร็วและวิตามินซีถูกทำลายได้มากในสภาพที่มีออกซิเจนมาก

ถึงแม้จะไม่มีการวัดปริมาณออกซิเจนเริ่มต้นเมื่อบรรจุผลิตภัณฑ์ในของ  
แต่ก็คาดคะเนได้ว่าการซึมผ่านของออกซิเจนผ่านแผ่นฟิล์มตลอดระยะเวลา 6 เดือน  
จะน้อยและมีผลต่อปฏิกิริยาน้อยกว่าปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่เดิม ทั้งนี้เพราะ  
ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ในสภาพบรรยากาศของไนโตรเจนยังมีการเปลี่ยนแปลง  
น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสภาพอื่น

สรุปได้ว่าภาชนะบรรจุจะใช้ได้ทั้งที่เป็นกระป๋องโลหะและของพลาสติก  
สภาพการบรรจุมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บของภาชนะบรรจุ  
การบรรจุในสภาพความดันต่ำกว่าบรรยากาศปกติและในบรรยากาศของไนโตรเจน  
จะดีกว่าการบรรจุในสภาพความดันบรรยากาศปกติ ส่วนการจะเลือกใช้ภาชนะ  
บรรจุเป็นกระป๋องโลหะหรือของนั้น ต้องคำนึงถึงความสะดวกในการใช้, ต้นทุน  
และลักษณะที่ปรากฏเพื่อดึงดูดความสนใจ.