

การบรรจุในสภาพดัดแปรบรรยากาศ

การบรรจุภายใต้บรรยากาศของก๊าซ หรือ gas packaging หรือ gas exchange packaging เป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศของก๊าซ ชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือหลายชนิด และอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆ แตกต่างไปจากอัตราส่วนที่พบในบรรยากาศปกติ มีการแบ่งกระบวนการบรรจุนี้ออกเป็น 4 ประเภทตามสภาพบรรยากาศ คือ

1. การบรรจุภายใต้บรรยากาศแบบควบคุม (control atmosphere packaging, CAP) เป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์ โดยอยู่ภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนของแก๊สที่แตกต่างกัน ซึ่งแตกต่างจากบรรยากาศปกติ และอัตราส่วนนี้จะคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

2. การบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศ (modified atmosphere packaging, MAP) เป็นเทคนิคการถนอมอาหาร เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารสด ทำได้โดยการบรรจุอาหารในภาชนะบรรจุที่มีการปรับสัดส่วนบรรยากาศภายใน ให้มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ โดยสัดส่วนของก๊าซที่ใช้ อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลา อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ และชนิดของวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุ



ภาพที่ 1 การบรรจุอาหารทะเลแบบดัดแปรบรรยากาศ (MAP)

ที่มา: <http://modifiedatmospherepackaging.com/applications/modified-atmosphere-packaging-fish-and-seafood>

3. Gas flush packaging เป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์ภายใต้บรรยากาศของก๊าซหนึ่งๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ ก๊าซไนโตรเจน ซึ่งฉีดหรืออัดก๊าซเข้าไปในภาชนะบรรจุแทนที่อากาศภายใน นิยมใช้กับอาหารที่เสื่อมเสียจากก๊าซออกซิเจน

4. Vacuum packaging เป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยดึงเอาอากาศภายในภาชนะบรรจุออกไป และไม่มีการฉีดหรือก๊าซอื่นๆเข้าไป ทำให้เกิดความแตกต่างของความดันในและนอกภาชนะบรรจุ ซึ่งภาชนะบรรจุจะเกิดการรัดตัวสำหรับภาชนะบรรจุชนิดอ่อนตัว (flexible form) หรือยุบตัวสำหรับภาชนะบรรจุชนิดกึ่งคงรูป (semi rigid form) การบรรจุแบบสุญญากาศเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารจากจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน ป้องกันการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาทางเคมีที่ต้องการออกซิเจนในปฏิกิริยา และป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์



ภาพที่ 2 การบรรจุอาหารด้วยสุญญากาศ

ที่มา: [http://www.vacuum-packagingbag.com/china-](http://www.vacuum-packagingbag.com/china-customized_ny_pe_polyester_sausage_vacuum_packaging_bags_eco_friendly-1813767.html)

[customized_ny_pe_polyester_sausage_vacuum_packaging_bags_eco_friendly-1813767.html](http://www.vacuum-packagingbag.com/china-customized_ny_pe_polyester_sausage_vacuum_packaging_bags_eco_friendly-1813767.html)

ชนิดของก๊าซที่ใช้การบรรจุภายใต้บรรยากาศก๊าซ

1. ก๊าซออกซิเจน (oxygen) ใช้ในการรักษาความสดของอาหาร เช่น สีของเนื้อ รักษาสภาวะการหายใจของผักผลไม้ และช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุของอาหารเสื่อมเสียแต่ควรใช้ในก๊าซออกซิเจนในปริมาณที่น้อย เพราะก๊าซออกซิเจนเป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น มีกลิ่นเหม็นหืน

2. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide) ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนในการเติบโต โดยทั่วไปแล้วนิยมใส่ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณมาก เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานมากยิ่งขึ้น แต่เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถถูกดูดซับหรือละลายลงในอาหารที่มีความชื้นสูงๆ ส่งผลเสียต่อกลิ่น และอาจทำให้ผักและผลไม้เกิดความเสียหายได้ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสม คือ ประมาณร้อยละ 20

3. ไนโตรเจน (nitrogen) เป็นก๊าซเฉื่อยที่เป็นองค์ประกอบของอากาศมีอยู่ถึงประมาณ 78% ในบรรยากาศทั่วไป ใช้ในการปรับสมดุลของการผสมก๊าซต่างชนิด หรือใช้บรรจุเพื่อป้องกันความเสียหายของอาหารที่แตกหักง่าย เช่น ขนมอบกรอบ

นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาการใช้แก๊สชนิดอื่นๆในการบรรจุ เช่น กลุ่ม noble gas ได้แก่ ฮีเลียม นีออน อาร์กอนและซีนอนซึ่งเป็นแก๊สเฉื่อย ใช้ในการบรรจุมันฝรั่งทอดเพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชัน รวมถึงแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ซึ่งช่วยรักษาสีแดงสดในเนื้อสัตว์ได้เป็นอย่างดี (Arvanitoyannis and Stratakos, 2012) ทั้งนี้ สหภาพยุโรปไม่อนุญาตให้ใช้คาร์บอนมอนนอกไซด์ในการบรรจุอาหาร เนื่องจากความคงตัวของสีดังกล่าวอาจบดบังการเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์จากปัจจัยอื่นๆ ซึ่งเป็นการทำให้ผู้บริโภคเข้าใจผิดถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม ในสหรัฐอเมริกายังคงยินยอมให้มีการใช้แก๊สดังกล่าวในการบรรจุอาหาร

การกำหนดส่วนผสมของแก๊สในระบบ MAP ขึ้นกับชนิดของอาหารและรูปแบบการเสื่อมเสียดังแสดงในตารางที่ 1 อาหารที่มีสาเหตุการเสื่อมเสียหลักมาจากจุลินทรีย์ควรกำหนดสัดส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณสูง (อย่างน้อย 20%) ใน

ขอบเขตที่จะไม่ก่อผลเสีย เช่น การลดลงของพีเอชจากการละลายและการยุบตัวของบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่มักพบการเสื่อมเสียจากเชื้อราซึ่งต้องการอากาศในการเจริญเติบโต การบรรจุในสภาพที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ มากกว่า 60% จะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านอื่นๆ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เกิดการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ควรหลีกเลี่ยงการใช้แก๊สออกซิเจน โดยนิยมบรรจุด้วยไนโตรเจน 100% หรือไนโตรเจนผสมคาร์บอนไดออกไซด์ในกรณีที่ต้องการฤทธิ์ต้านการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ สำหรับผักและผลไม้ที่มีการหายใจนั้น ควรหลีกเลี่ยงการใช้คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในปริมาณที่สูงหรือต่ำเกินไป เพื่อป้องกันการหายใจแบบไม่ใช้อากาศของพืช

ตารางที่ 1 ตัวอย่างส่วนผสมของก๊าซในการบรรจุภายใต้สภาพตัดแปรบรรยากาศ

Product	Temperature	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	N ₂ (%)
Meat	0-3	40-80	20	Balance
Processed meat e.g. cured meat	1-3	0	30	70
Fish	0-2	20-30	40-60	Balance
Fruits & vegetables	0-12	1-20	0-20	Balance
Bakery products	Room temperature	0	60	40
Ready meals	2-5	0	50-80	Balance

ที่มา: ดัดแปลงจาก Robertson (2013), Sandhya (2010)

สมบัติพื้นฐานของภาชนะบรรจุ

คุณสมบัติของภาชนะบรรจุด้านอัตราการซึมผ่านของแก๊สมีผลโดยตรงต่อองค์ประกอบของบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ โดยทั่วไปในการบรรจุอาหารที่ไม่มีการหายใจ เช่น อาหารแห้ง ผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่และเนื้อสัตว์ ภาชนะบรรจุควรมีอัตราการซึมผ่านต่ำเพื่อรักษาสภาพบรรยากาศตัดแปรภายในบรรจุภัณฑ์ เช่น การบรรจุมันฝรั่งทอดด้วยแก๊สไนโตรเจน การบรรจุอาหารแช่เยือกแข็งในระบบสุญญากาศ ในขณะที่ผักและผลไม้มีการหายใจ มีการใช้ออกซิเจนและเกิดการสะสมของแก๊ส

คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งนำไปสู่การหายใจแบบไม่ใช้ออกาศทำให้ผักและผลไม้เสื่อมเสียเร็วขึ้น ภาชนะบรรจุจึงควรมีอัตราการซึมผ่านของแก๊สที่สูงพอให้มีปริมาณออกซิเจนเพียงพอจะยับยั้งการหายใจแบบไม่ใช้ออกาศ นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาและขนส่งยังมีผลต่อสภาพซึมผ่านของฟิล์ม การแพร่และการละลายของแก๊สในอาหารรวมถึงอัตราการหายใจของพืช (Sandhya, 2010) ซึ่งทำให้สัดส่วนของแก๊สในบรรจุภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งสามารถจำแนกคุณลักษณะที่สำคัญของบรรจุภัณฑ์ได้ดังนี้

1. สมบัติการซึมผ่านของก๊าซ (gas permeability) ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซที่แตกต่างกัน การเลือกใช้ภาชนะบรรจุจึงขึ้นอยู่กับ ชนิดของผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บรักษา และสภาวะการเก็บรักษา ถ้าต้องการวัสดุที่มีสมบัติป้องกันก๊าซได้ดีมาก มักเลือกใช้เป็นฟิล์มที่มีออบไอโละหะ

2. สมบัติการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) การเลือกวัสดุจากค่า WVTR ต้องระมัดระวังปัญหาหยดน้ำภายในภาชนะบรรจุและการสูญเสียความชื้นของผลิตภัณฑ์ อาจเลือกใช้วัสดุที่ใสสารป้องกันการเกิดหยดน้ำ หรือการเจาะรูเล็กๆ เพื่อช่วยระบายไอน้ำบางส่วนออกไปจากภาชนะบรรจุ

3. การปิดผนึกด้วยความร้อน (heat sealability) การบรรจุแบบนี้ นิยมใช้การปิดผนึกด้วยความร้อนเนื่องจากการปิดผนึกที่แน่นสนิท ป้องกันการผ่านเข้าออกของกลิ่น ก๊าซ ไอน้ำ และจุลินทรีย์ได้ดี การปิดผนึกด้วยความร้อนทำได้ง่าย และใช้ระยะเวลาในการปิดผนึกสั้นมาก

4. การป้องกันการซึมผ่านของไขมัน เป็นสมบัติที่สำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันมาก โดยฟิล์มชั้นในต้องสามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ และยังคงป้องกันไขมันจากผลิตภัณฑ์ไม่ให้ซึมผ่านมาที่ฟิล์มชั้นถัดมาด้วย โดยไขมันที่ซึมออกมานั้นจะถูกออกซิไดส์ได้ง่าย ทำให้เหม็นหืน นอกจากนี้วัสดุต้องมีสมบัติป้องกันแสงโดยเลือกใช้วัสดุทึบแสง เพราะแสงเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารที่ไวต่อแสงและมีไขมันมาก

รูปแบบของภาชนะบรรจุ

1. ถุงและซอง ซึ่งถุงนิยมใช้กับการบรรจุแบบสุญญากาศ เพื่อเพิ่มความสวยงาม
2. ถาดและถุง ใช้ถาดบรรจุอาหารแล้วบรรจุลงในถุงอีกครั้ง
3. ถาดและฟิล์มปิด ใช้ถาดพลาสติกบรรจุอาหารแล้วปิดถาดด้วยฟิล์มพลาสติก โดยใช้การปิดผนึกด้วย

ความร้อน

ข้อควรระวังสำหรับการบรรจุ MAP ในสภาพปลอดแก๊สออกซิเจน คือ การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคที่ไม่ต้องการอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Clostridium botulinum* ซึ่งอาจเจริญเติบโตและสร้างสารพิษในอาหารซึ่งไม่แสดงการเน่าเสีย เนื่องจากการบรรจุดังกล่าวได้ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศที่ทำให้อาหารเน่าเสีย ดังนั้น การบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศในอาหารสดจึงมักใช้ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรค

ในปัจจุบัน สหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกามีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับอาหารที่บรรจุในสภาพดัดแปรบรรยากาศ คือ EU Directive No. 95/2/EC ได้กำหนดให้มีการระบุ E-number บนฉลากอาหารที่มีการดัดแปรสภาพบรรยากาศ ดังนี้ Carbon dioxide E 290, Argon E 938, Helium E 939, Nitrogen E 941, Nitrous oxide E 942, Oxygen E 948, Hydrogen E 949 รวมถึงความสามารถในการตรวจติดตาม (tracability) ผลิตภัณฑ์อาหารทุกขั้นตอนตั้งแต่การผลิต แปรรูป และการขนส่ง (European Union regulation (EC) No. 178/2002) และผู้ผลิตต้องจัดทำระบบ HACCP เพื่อประเมินความเสี่ยงและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมด้านปริมาณแก๊ส (gas content) และความสมบูรณ์ของรอยปิดผนึก (seal integrity) บรรจุภัณฑ์ (FDA 2005 Food Code Annex 6 - Food processing criteria (reduced oxygen packaging)) ซึ่งปัจจัยทั้งสองส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยจากการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารที่บรรจุในสภาพดัดแปรบรรยากาศ

ปัจจัยต่างๆที่ทำให้การบรรจุผลิตภัณฑ์ในสภาพดัดแปรบรรยากาศประสบความสำเร็จ ได้แก่ คุณภาพเริ่มต้นและปริมาณจุลินทรีย์ของวัตถุดิบอาหาร การจัดการที่ถูกหลักสุขาภิบาลเพื่อป้องกันการปนเปื้อน เครื่องจักรบรรจุที่มีประสิทธิภาพ และมีความแม่นยำในการบรรจุแก๊สตามชนิดและสัดส่วนที่กำหนด การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการหายใจ ได้แก่ ผักและผลไม้ รวมถึงการเลือกใช้วัสดุบรรจุและสัดส่วนของแก๊สที่เหมาะสม

การบรรจุในสภาพดัดแปรบรรยากาศช่วยยืดอายุและรักษาความสดของอาหาร ซึ่งในกระบวนการผลิตมีระบบบรรจุแบบต่อเนื่อง ได้แก่ การขึ้นรูปภาชนะแบบถุงหรือถาด การบรรจุอาหาร เติมแก๊สและปิดผนึก กระบวนการผลิตจึงมีความสะดวกรวดเร็ว โดยสามารถใช้กับอาหารได้หลากหลายชนิดทั้งอาหารสดและอาหารแปรรูป ทั้งนี้ การบรรจุในสภาพดัดแปรบรรยากาศเป็นวิธีนอมนอาหารที่ปราศจากการใช้วัตถุกันเสียหรือสารเติมแต่งชนิดต่างๆ จึงตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้นของผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคอาหารที่มีความสดและเป็นธรรมชาติ

เอกสารอ้างอิง

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. ก้าวกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. ลินคอร์นโปรโมชัน, กรุงเทพฯ.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. การบรรจุอาหาร. เอส พี เอ็ม การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ณัฐดนัย หาญการสุจริต. 2558. การบรรจุในสภาพดัดแปรบรรยากาศและการบรรจุในสภาพควบคุมบรรยากาศ. Food Focus Thailand. 109: 40-43.