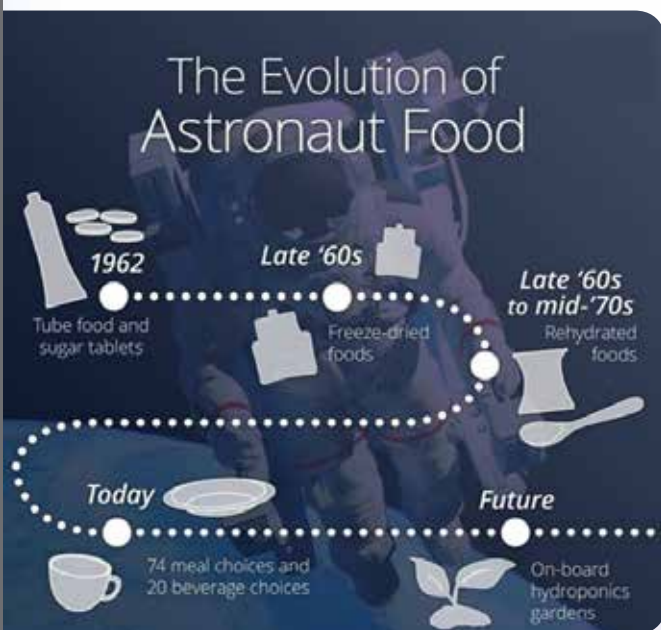


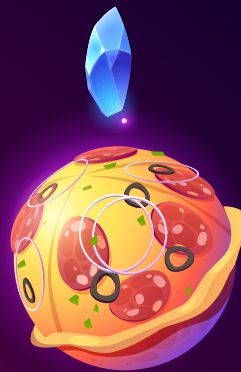
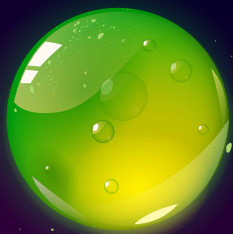


อาหารการกิน .. อาหารการณโกล .. **สู่อาหารอวกาศ : Space Food**



อวกาศ (Space) หมายถึง อาณาบริเวณของท้องฟ้าที่อยู่สูงเหนือพื้นโลกในระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 100 กิโลเมตรขึ้นไป ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอากาศเบาบางมาก เป็นสถานะที่มีแรงโน้มถ่วงต่ำหรือไร้น้ำหนัก อาหารสำหรับนักบินอวกาศย่อมแตกต่างกับอาหารที่รับประทานบนโลก ต้องปรับให้เหมาะสมกับสถานะที่นักบินอวกาศต้องเผชิญ รวมถึงการรับรสชาติอาหารจะลดลงเมื่ออยู่ในวงโคจร เพราะของเหลวในร่างกายจะเคลื่อนไปทางศีรษะ นักบินอวกาศจึงนิยมบริโภคอาหารรสเผ็ดหรือรสจัด เมนูอาหารอวกาศในยุคบุกเบิกเป็นอาหารแห้งอัดก้อนเคลือบเจลลาตินที่หั่นเป็นคำ ให้ง่ายต่อการเคี้ยวกับอาหารเหลวที่บรรจุในหลอดอะลูมิเนียมคล้ายหลอดยาสีฟัน จากนั้นได้รับการพัฒนา รูปแบบอาหารโดยใช้เทคโนโลยีในการผลิตที่เรียกว่า

ที่มา: <https://i.pinimg.com/originals/b2/23/f9/b223f9858d74afe306512cd7107c007b.jpg>



การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง รับประทานโดยการเติมน้ำร้อน เข้าไปในบรรจุภัณฑ์ หรือการทำแห้งและอัดเป็นก้อนพอดีคำ รับประทานโดยไม่ต้องกัดหรือหั่น และไม่ต้องผสมน้ำก่อน รับประทาน อาหารจะนุ่มลงโดยการเคี้ยวในปาก รวมถึงมีการ ออกแบบภาชนะบรรจุที่สามารถใช้ซ้อนในการรับประทาน อาหารในอวกาศได้ จนกระทั่งถึงยุคปัจจุบันที่มีความหลากหลายทั้งเมนูอาหารและเครื่องดื่ม ให้นักบินอวกาศเลือกได้มากขึ้น และในอนาคตมีเป้าหมายของภารกิจบนอวกาศให้สามารถเพาะปลูกพืชและเก็บเกี่ยวในอวกาศได้ เพื่อให้นักบินอวกาศมีอาหารสดใหม่พร้อมรับประทาน

อาหารอวกาศประกอบด้วยปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง ดังนี้ (Douglas และคณะ, 2020)

1. **Safety** อาหารต้องมีความปลอดภัยต่อสุขภาพของนักบินอวกาศ ไม่มีการปนเปื้อนทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์
2. **Stability** อาหารต้องมีอายุการเก็บรักษานาน และมีความคงตัวต่อสภาพแวดล้อมรอบยานอวกาศ เช่น รังสี และอุณหภูมิ

3. **Palatability** อาหารต้องมีความอร่อย สามารถดึงดูดให้นักบินอวกาศรับประทานเพื่อให้ได้รับคุณค่าทางโภชนาการเพียงพอ

4. **Variety** อาหารควรมีความหลากหลายทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและกลิ่นรส

5. **Reliability** อาหารต้องไม่มีชิ้นส่วนที่สามารถหลุดลอยออกไป ซึ่งอาจเข้าไปอุดตันในอุปกรณ์ต่างๆ และทำให้เกิดความผิดพลาดในการทำงานของยานอวกาศ

6. **Resource Minimization** ทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต และของเสียที่เกิดขึ้นต้องมีปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณและความหลากหลายของอาหารที่ผลิต เพื่อให้นักบินอวกาศได้รับอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่เพียงพอ

7. **Usability** เป็นอาหารที่สามารถรับประทานได้ง่าย และใช้เวลาน้อยในการเตรียมก่อนรับประทาน

8. **Nutrition** อาหารมีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน และเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย

อาหารสำหรับนักบินอวกาศ มีกรรมวิธีการถนอมอาหารที่ต้องใช้กระบวนการพิเศษในการเตรียมอาหารร่วมกับ การออกแบบบรรจุภัณฑ์และการเก็บรักษา โดยสามารถแบ่งลักษณะของอาหารอวกาศได้ 8 รูปแบบ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะของอาหารอวกาศโดยแบ่งตามรูปแบบผลิตภัณฑ์ (NASA-STD-3001 Technical Brief, 2020)

รูปแบบ	ลักษณะของอาหารอวกาศ / ตัวอย่าง
Intermediate Moisture (IM)	<ul style="list-style-type: none"> • อาหารมีลักษณะกึ่งแห้ง มีเนื้อสัมผัสนุ่ม (soft texture) และให้เนื้อสัมผัสที่ดีกว่าอาหารแห้ง มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity) ระหว่าง 0.60-0.85 • บรรจุในซองลามิเนต • การรับประทานขึ้นอยู่กับชนิดผลิตภัณฑ์ เช่น ผลไม้อบแห้งเป็นอาหารพร้อมรับประทาน เนื้อวุ้นแห้งต้องให้ความร้อนก่อนรับประทาน • อายุการเก็บรักษา 2 ปี • ตัวอย่างเช่น ผลไม้อบแห้ง เนื้อวุ้นแห้ง
Natural Form (NF)	<ul style="list-style-type: none"> • อาหารมีลักษณะคงรูปแบบธรรมชาติ โดยมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันตามชนิดผลิตภัณฑ์ • บรรจุในถุงที่สามารถทนทั้งความร้อนและความเย็น (Combitherm pouch) • เป็นอาหารพร้อมรับประทาน • อายุการเก็บรักษา 1 - 1.5 ปี ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ห่อหุ้มบรรจุภัณฑ์ชั้นนอก • ตัวอย่างเช่น ถั่วต่างๆ กราโนลาบาร์ คุกกี้ บราววี
Thermostabilized (T)	<ul style="list-style-type: none"> • เป็นอาหารที่ผ่านกระบวนการโดยใช้ความร้อน ซึ่งอุณหภูมิมีผลทำให้ปราศจากจุลินทรีย์และกิจกรรมของเอนไซม์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย • บรรจุในกระป๋องหรือถุงลามิเนตสี่ชั้น • เป็นอาหารพร้อมรับประทาน • อายุการเก็บรักษา 2 ปี สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้อง • ตัวอย่างเช่น ผลไม้บรรจุกระป๋อง หน่อบรรจุกระป๋อง ซุปถั่วลิสงเตา พุดดิ้ง
Rehydrate (R)	<ul style="list-style-type: none"> • เป็นอาหารแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) ทำแห้งด้วยความร้อนและการทำแห้งแบบออสโมติก (Osmotic drying) • บรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ เช่น ถูกลาสดักอัดความดัน (อาหารกึ่งสำเร็จรูปที่ต้องคืนรูปโดยการเติมน้ำร้อน) แผ่นฟิล์มพลาสติกห่อหุ้มด้วยระบบสุญญากาศ (อาหารพร้อมรับประทาน) เป็นต้น • การรับประทานขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ เช่น เป็นอาหารที่ต้องคืนรูป (โดยการเติมน้ำร้อน) หรืออาหารที่พร้อมรับประทาน (โดยไม่ต้องเติมน้ำร้อน) • อายุการเก็บรักษา 1 - 2 ปี ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ และวัสดุที่ห่อหุ้มบรรจุภัณฑ์ชั้นนอก • ตัวอย่างเช่น ธัญพืชชงดื่ม มะกะโรนี สปาเกตตี ผัก สลัดไก่ น้ำสลัดข้าวโพด ไส้กรอก ค็อกเทลกุ้ง กาแฟ ชา เครื่องดื่มปรุงแต่งรสมะนาว ส้ม

รูปแบบ	ลักษณะของอาหารอวกาศ / ตัวอย่าง
Fresh Food (FF)	<ul style="list-style-type: none"> เป็นอาหารสด หรืออาหารที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการแปรรูปหรือการถนอมอาหาร เป็นอาหารพร้อมรับประทาน อายุการเก็บสั้นประมาณ 1 สัปดาห์ ตัวอย่างเช่น ผลไม้สด ผักสด แอปเปิ้ล กลัวย
Irradiated (I)	<ul style="list-style-type: none"> อาหารที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโดยการฉายรังสีแกมมา รังสีเอกซ์ หรืออิเล็กตรอน ในระดับพลังงานที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และการเน่าเสียของอาหารได้ บรรจุในถุงลามิเนตสี่ชั้น การรับประทานขึ้นอยู่กับชนิดผลิตภัณฑ์ เช่น เป็นอาหารพร้อมรับประทาน หรือการให้ความร้อนก่อนรับประทาน เป็นต้น อายุการเก็บรักษา 2 ปี ตัวอย่างเช่น สเต็กเนื้อวัว ไก่วงรมควัน
Refrigerated Food	<ul style="list-style-type: none"> เป็นอาหารที่ต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเพื่อป้องกันการเสื่อมเสีย บรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ เป็นอาหารพร้อมรับประทาน อายุการเก็บรักษาประมาณ 1 - 6 เดือน ตัวอย่างเช่น ครีมชีส ชาวครีม
Frozen Food	<ul style="list-style-type: none"> อาหารที่ผ่านกระบวนการแช่แข็งอย่างรวดเร็ว (quick frozen) ช่วยคงสภาพของรสชาติและสารอาหาร บรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ การรับประทานขึ้นอยู่กับชนิดผลิตภัณฑ์ เช่น พายไก่ต้องให้ความร้อนก่อนรับประทาน ไอศกรีมพร้อมรับประทาน เป็นต้น อายุการเก็บรักษาประมาณ 6 เดือน - 1 ปี ตัวอย่างเช่น พายไก่ คีช (quiche) ไอศกรีม



การผลิตอาหารสำหรับนักบินอวกาศ จะต้องปฏิบัติตามหลักความปลอดภัยในอาหาร คือ GMP (Good Manufacturing Practice) หรือหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารเป็นพื้นฐาน และ HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) หรือระบบการประกันคุณภาพความปลอดภัยของอาหาร โดยคำนึงถึงอันตราย 3 ด้าน ได้แก่ อันตรายทางชีวภาพ เคมี และกายภาพ เน้นการควบคุมกระบวนการผลิตตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นไปจนถึงตลอดกระบวนการผลิต เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และประเมินอันตรายรวมทั้งระบบ ซึ่งการควบคุมคุณภาพทางจุลินทรีย์ของอาหารและบรรจุภัณฑ์ต้องสอดคล้องกับมาตรฐานของห้องปฏิบัติการทางด้านจุลินทรีย์ขององค์การนาซา โดยแบ่งเกณฑ์มาตรฐานปริมาณจุลินทรีย์ในการผลิตอาหารอวกาศ ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ อาหารที่ไม่ผ่านกระบวนการทางความร้อน (Nonthermostabilized) และอาหารที่ผ่านการทำให้ปลอดเชื้อทางการค้า (Commercial sterile products) ได้แก่ การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนและการฉายรังสี (NASA-STD-3001 Technical Brief, 2020) อีกทั้งต้องมีการทดสอบการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสภายใต้สภาวะการเก็บรักษา และสภาพแวดล้อมในการรับประทานอาหาร นอกจากนี้คุณภาพทางจุลินทรีย์และทางด้านประสาทสัมผัสแล้ว ต้องคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการให้เพียงพอต่อความต้องการของนักบินอวกาศ โดยเฉพาะพลังงานที่ได้รับจากอาหาร ต้องมีค่าสูงถึง 2,400 กิโลแคลอรีต่อวันสำหรับนักบินอวกาศเพศหญิง และ 3,000 กิโลแคลอรีต่อวันสำหรับนักบินอวกาศเพศชาย ทั้งนี้ในอาหารสำหรับนักบินอวกาศที่มีภารกิจที่ใช้เวลานาน (long – duration missions) ต้องมีปริมาณสารอาหารในแต่ละรายการสอดคล้องตามที่องค์การนาซากำหนด (Maya Cooper et al. ,2011) ตัวอย่างการแสดงคุณค่าทางโภชนาการในอาหารอวกาศมีดังนี้



โปรตีน (Protein)	0.8 กรัมต่อกิโลกรัม และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 35% ของพลังงานทั้งหมดที่ได้รับในแต่ละวัน (2 ใน 3 ส่วนเป็นโปรตีนจากสัตว์ และ 1 ใน 3 ส่วนเป็นโปรตีนจากพืช)
คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)	50% - 55% ของพลังงานทั้งหมดที่ได้รับในแต่ละวัน
ไขมัน (Fat)	25% - 35% ของพลังงานทั้งหมดที่ได้รับในแต่ละวัน
ใยอาหาร (Fiber)	10 - 14 กรัมต่อ 4,187 กิโลจูล
แคลเซียม (Calcium)	1,200 - 2,000 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	700 มิลลิกรัม และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.5 เท่าของปริมาณแคลเซียมที่ได้รับ
แมกนีเซียม (Magnesium)	320 มิลลิกรัม (เพศหญิง) และ 420 มิลลิกรัม (เพศชาย)
แมงกานีส (Manganese)	320 มิลลิกรัม (เพศหญิง) และ 420 มิลลิกรัม (เพศชาย)
วิตามินเอ (Vitamin A)	700 - 900 ไมโครกรัม
วิตามินดี (Vitamin D)	25 ไมโครกรัม
วิตามินซี (Vitamin C)	90 มิลลิกรัม
วิตามินเค (Vitamin K)	90 ไมโครกรัม (เพศหญิง) และ 120 ไมโครกรัม (เพศชาย)
วิตามินบี1 (Thiamine)	1.1 มิลลิกรัม (เพศหญิง) และ 1.2 มิลลิกรัม (เพศชาย)

นอกจากการผลิตอาหารให้เหมาะสมกับสภาวะแรงโน้มถ่วงต่ำและนักบินอวกาศแล้ว ยังต้องคำนึงถึงอาหารที่มีข้อจำกัด ห้ามนำขึ้นไปบนอวกาศหรืออาจเรียกได้ว่าเป็นอาหารต้องห้าม ทั้งด้านลักษณะของอาหารและบรรจุภัณฑ์ ตัวอย่างดังแสดง ในรูป (ดัดแปลงจาก Lifegate, 2017)

อาหารต้องห้าม

 <p>CRUMBS : อาหารที่มีลักษณะเป็นผง หรือจับกลุ่มเป็นก้อน ก่อความเสียหายต่อระบบกรองอากาศจากการลอย กระจายตัวในอวกาศ ทำให้เข้าไปอุดตันในอุปกรณ์ต่างๆ ของยานอวกาศรวมทั้งอาจเข้าตาหรือเข้าระบบทางเดินหายใจของนักบินอวกาศได้ เช่น เครื่องปรู๊ฟ แครกเกอร์</p>	 <p>BIG PACKAGES : บรรจุภัณฑ์ควรมีน้ำหนักเบา เพื่อช่วยลดขนาดและปริมาตรของขยะบรรจุภัณฑ์</p>	 <p>HEAVY FOOD : อาหารและเครื่องดื่มต้องมีการควบคุมน้ำหนักให้อยู่ประมาณ 4 กิโลกรัมต่อการรับประทาน 1 วันต่อนักบินอวกาศ 1 คน</p>	 <p>CARBONATED BEVERAGE : เครื่องดื่มอัดก๊าซในสภาวะแรงโน้มถ่วงต่ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ท้องอืด เช่น น้ำอัดลม โซดา</p>
--	--	--	---

ดังนั้นในการผลิตอาหารสำหรับนักบินอวกาศต้องผ่านกระบวนการผลิตตามมาตรฐาน GMP และ HACCP เพื่อให้เกิดความปลอดภัย มีอายุการเก็บรักษานาน มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน และต้องไม่มีลักษณะต้องห้ามดังที่กล่าวมาเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่อระบบการทำงานของยานอวกาศและร่างกายของนักบินอวกาศ

เอกสารอ้างอิง

- Angelo A. Casaburri and Cathy A. Gardner. Space Food and Nutrition. National Aeronautics and Space Administration. 1999, p. 1 – 62.
- Charles T. Bourland. The development of food systems for space. Trends in Food Science & Technology. 1993, V.4, p. 271 – 276.
- Grace L Douglas, Sara R Zwart and Scott M Smith. Space Food for Thought : Challenges and Considerations for Food and Nutrition on Exploration Missions. The Journal of Nutrition. 2020, 150(9), p. 2242 – 2244.
- Lifegate. What astronauts can and can't eat in space. [online]. 2017 [viewed 6 February 2021]. Available from: <https://www.lifegate.com/astronauts-food-in-space>.
- Maya Cooper, Grace Douglas and Michele Perchonok. Developing the NASA Food System for Long-Duration Missions. Journal of Food Science. 2011, 76 Nr.2, p. R40 – R47.
- NASA-STD-3001 Technical Brief. Food and Nutrition. [online]. 2020. [viewd 6 February 2021]. Available from : [http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/food and nutrition technical brief ochmo_06052020_rev_a.pdf](http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/food_and_nutrition_technical_brief_ochmo_06052020_rev_a.pdf)