

**ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่มีกลิ่นเป็นเอกลักษณ์** หรือกลิ่นเฉพาะตัว โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำพื้นเมือง เช่น ปลาสามปลาร้า กะปิ น้ำบูดู รวมถึงกลิ่นคาวของผลิตภัณฑ์ เช่น ปลาแดดเดียว หากมีการบรรจุที่ไม่เหมาะสม อาจทำให้เกิดกลิ่นรบกวนระหว่างการขนส่ง รวมถึงการเสียโอกาสในการวางจำหน่ายในห้าง Modern trade กลิ่นดังกล่าวจะแพร่ (Diffusion) ผ่านชั้นของบรรจุภัณฑ์ในรูปของก๊าซ ซึ่งแพร่มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ทั้งคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ สมบัติของบรรจุภัณฑ์ และสภาวะแวดล้อม โดยในที่นี้จะกล่าวถึงบรรจุภัณฑ์พลาสติก เพราะสามารถใช้งานได้ง่าย การปิดผนึกไม่ยุ่งยาก ซื่อได้ทั่วไป และประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย

พลาสติกมีหลายชนิดซึ่งมีสมบัติที่แตกต่างกัน คุณสมบัติของพลาสติกที่สามารถใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารได้ (งามทิพย์, 2550; พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2563; www.watanabhand.co.th, 2563; Kirwan and Strawbridge, 2003) แสดงในตารางที่ 1 การเลือกใช้พลาสติกเพื่อเก็บหรือกักกักต้องเลือกพลาสติกที่มีคุณสมบัติการป้องกันก๊าซได้ดี หรือในทางเทคนิค เรียกว่า สภาพให้ซึมผ่านได้ของก๊าซ (Gas permeability, OP) หรือแสดงเป็นค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซ (Gas transmission rate, OTR) ในปริมาณต่ำ ๆ ซึ่งอาจเป็นก๊าซชนิดใดชนิดหนึ่ง เช่น ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ หรือไนโตรเจน พลาสติกที่ก๊าซซึมผ่านได้น้อย (กั้นก๊าซได้มาก) ทำให้กลิ่นออกมาจากบรรจุภัณฑ์ได้น้อย

ภาพที่ 2 แสดงคุณสมบัติการแพร่ผ่านของก๊าซออกซิเจน ไนโตรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ของพลาสติกที่มักใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารในปัจจุบัน จะเห็นได้ว่า พลาสติก PP, PE, HDPE ที่เราใช้เป็น ถุงร้อน หรือถุงเย็น นั้น ก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถซึมผ่านได้มาก เช่นเดียวกับพลาสติก PS มักใช้เป็นถุงขยายข้างแบบใส (ถุงแก้ว) และถาดแบบฝาประกบ (Clamshell tray) ถุงเหล่านี้จึงไม่เหมาะสมในการบรรจุเพื่อกักกัก ส่วนพลาสติก PET, PA หรือไนลอน และ EVOH สามารถกักการแพร่ผ่านของก๊าซทั้งสามชนิดได้ดีมาก ผลของการซึมผ่านของก๊าซเหล่านี้เกิดจากหลายปัจจัย เช่น

- รูขนาดเล็ก (Pinholes) และช่องว่างระหว่างโมเลกุล ซึ่งถ้ามีขนาดใหญ่จะทำให้ก๊าซแพร่ผ่านได้ในปริมาณมากกว่าขนาดเล็ก



ภาพที่ 1 การจัดเรียงตัวของพอลิเมอร์  
ที่มา Balani et al., 2015

- โครงสร้างส่วนสีสันหรือส่วนที่เป็นผลึก (มีการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ) จะเป็นสิ่งกีดขวางการแพร่ผ่านของก๊าซ จึงส่งผลให้ก๊าซซึมผ่านได้น้อย (ภาพที่ 1)
- สมบัติของสภาพผิวที่ใกล้เคียงกันของพลาสติกและก๊าซ ถ้าสภาพผิวของพลาสติกกับก๊าซใกล้เคียงกัน จะให้ก๊าซแพร่ผ่านพลาสติกไปได้ไว (Polymer properties database, 2015)
- ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของก๊าซ (Permeability diffusion) ส่งผลต่อความไวของการแพร่ผ่าน เช่น พลาสติก EVOH มีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของก๊าซออกซิเจน (Maes et al., 2018; Mckeen, 2012) และก๊าซอื่น ๆ ต่ำมาก เช่นเดียวกับ PET และ PA (ภาพที่ 2)

## ตารางที่ 1 พลาสติกที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์อาหาร

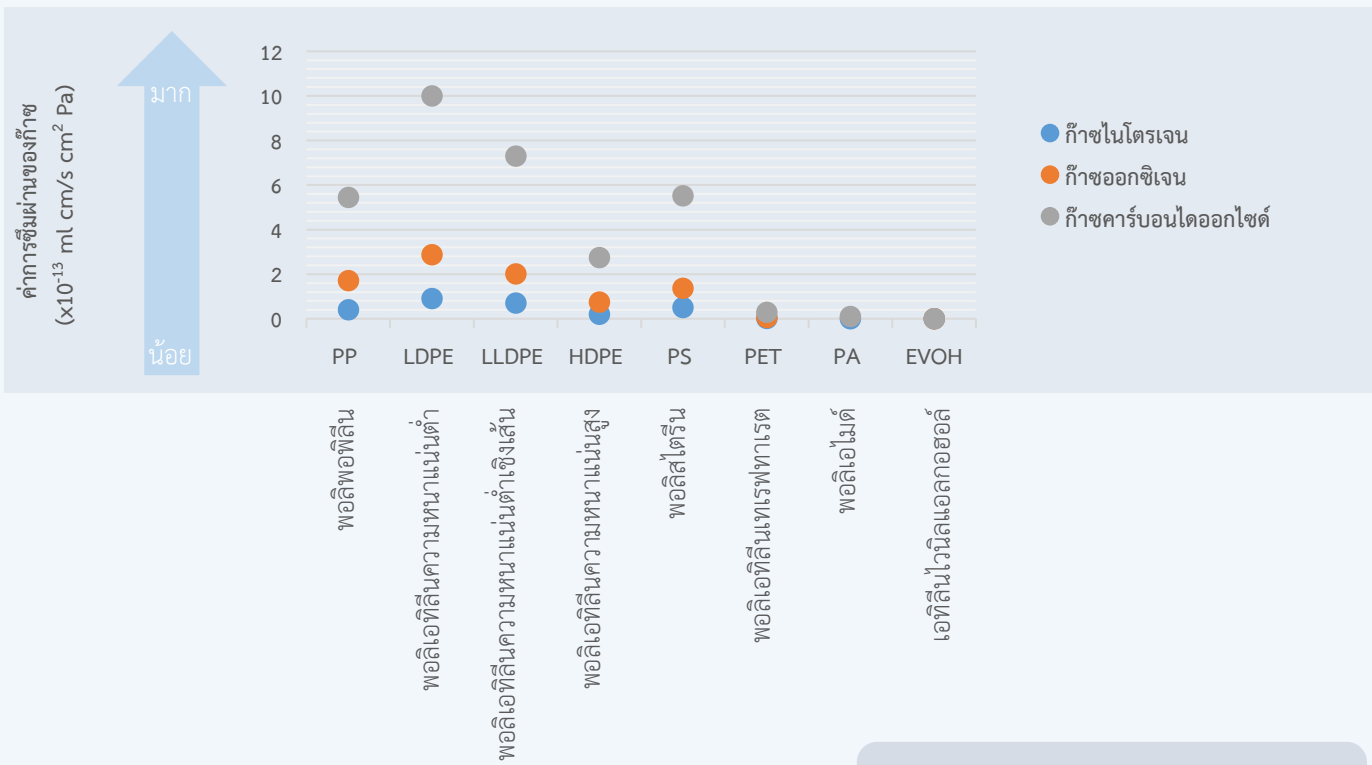
ชนิดของพลาสติก	ชนิดของพลาสติก
● โพลีเอทิลีน (Polyethylene, PE)	● เอทิลีนไวน์แอลกอฮอล์ (Ethylene vinyl alcohol, EVOH)
● โพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene, LDPE)	● โพลีเอไมด์ (Polyamides, PA) หรือไนลอน
● โพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene, HDPE)	● โพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride, PVC)
● โพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (Linear low density polyethylene, LLDPE)	● โพลีไวนิลิดีนคลอไรด์ (Polyvinylidene chloride, PVDC)
● โพลีพรอพิลีน (Polypropylene, PP)	● โพลีสไตรีน (Polystyrene, PS)
● โพลีเอทิลีนเทเรฟทาเรต (Polyethylene terephthalate, PET)	● อนุพันธ์เซลลูโลส (Cellulose-based materials)
● เอทิลีนไวน์อะซิเตต (Ethylene vinyl acetate, EVA)	● เทอร์โมพลาสติกสตาarch (Thermoplastic starch, TPS)

- ขนาดโมเลกุลของก๊าซ ค่าการละลาย (Solubility) ซึ่งขึ้นกับความดันและอุณหภูมิ (Mckeen, 2012)
- ความสามารถในการปิดผนึกด้วยความร้อนที่ดีของพลาสติกทำให้รอยปิดผนึกไม่แยกจากกัน ทำให้ไม่มีรอยรั่ว หรือรูรั่วขนาดเล็ก ทำให้ก๊าซแพร่ผ่านไม่ได้
- ความหนาของพลาสติกมาก ส่งผลต่อระยะทางในการแพร่ผ่านของก๊าซมากขึ้น

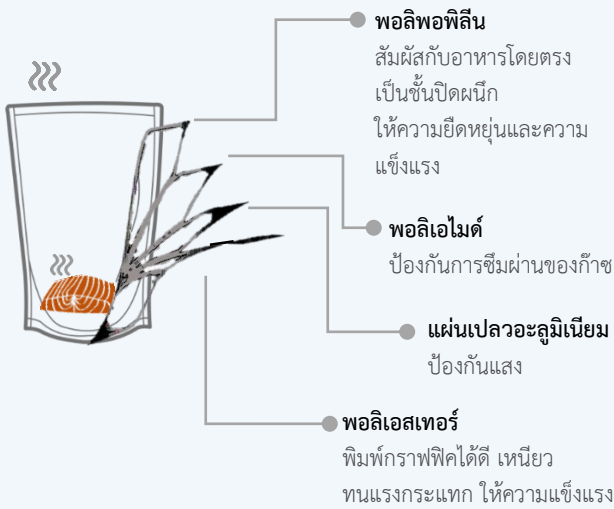
เนื่องจาก EVOH มีสมบัติในการป้องกันก๊าซได้ดีมากเมื่อเทียบกับพลาสติก PET และ PA แต่มีสมบัติในการดูดน้ำสูงมาก เนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิลในโครงสร้าง (Maes *et al.*, 2018) เมื่อนำมาใช้ในงานในสภาวะที่ต้องสัมผัสกับอากาศ EVOH จะนิ่มสูญเสียความแข็งแรง และสมบัติทางการป้องกันการซึมผ่าน เป็นข้อจำกัดในการใช้งาน เช่นเดียวกับ พลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylidene chloride, PVDC) ที่มีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีมาก ซึ่งใช้เป็นชั้นป้องกันการซึมผ่าน (Barrier layer) ในพลาสติกหลายชั้นที่ใช้กับอาหาร แต่ไม่สามารถเชื่อมติดกันด้วยความร้อน จึงต้องใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สูงขึ้นในการขึ้นรูป เพื่อประกบด้วยพลาสติกชนิดอื่นที่ช่วยป้องกันพลาสติกเหล่านี้สัมผัสกับอากาศภายนอก เรียกว่า พลาสติกหรือฟิล์มหลายชั้น (Multi-layer film) ฟิล์มประกบหรือฟิล์มลามิเนต (Laminated film) (ภาพที่ 3)

**พลาสติกหลายชั้น** ประกอบด้วย ฟิล์มชั้นใน ชั้นกลาง และชั้นนอก ฟิล์มชั้นในต้องปิดผนึกได้ด้วยความร้อนได้ดี และสัมผัสกับอาหารได้อย่างปลอดภัย ไม่เกิดการปนเปื้อนของพอลิเมอร์หรือสารเติมแต่งเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง ต้องเลือกฟิล์ม PET เพราะไม่ทำปฏิกิริยากับไขมัน ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวต้องใช้ LDPE, LLDPE หรือ PP เพราะเชื่อมติดด้วยความร้อนได้ดี ไม่มีฉีกขาดง่าย ผลิตภัณฑ์หมักดอง ต้องเลือกพลาสติกชนิดที่ทนกรด หรือความเค็มได้ เช่น LDPE หรือ LLDPE (บริษัท ทียูแพ็ค จำกัด, มปป.) ซึ่งคุณสมบัติเด่นของพลาสติกแต่ละชนิด ส่วนชั้นกลางจะทำหน้าที่ป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซ ความชื้น รวมทั้งป้องกันแสง (กรณีเป็นชั้นอะลูมิเนียม) (Barrier layer) คุณสมบัติพลาสติกและชนิดแสดงในภาพที่ 4

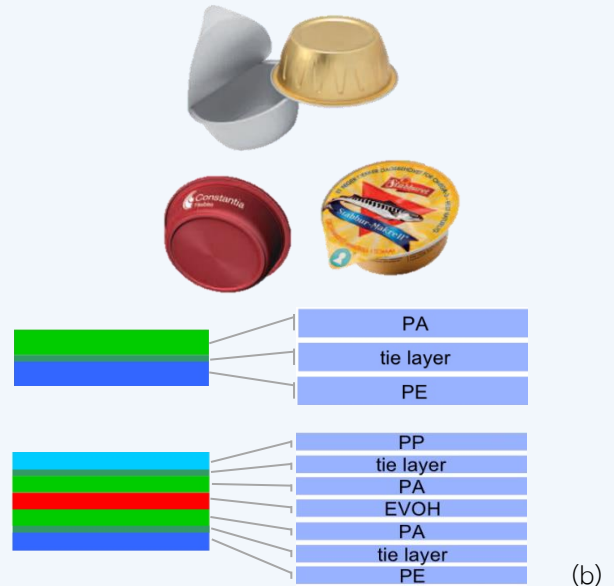
หลังจากการบรรจุ ปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์พลาสติกหลายชั้นจะลดลงในช่วงแรก และคงที่ จากนั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ เนื่องจากก๊าซจากภายนอกแพร่ผ่านเข้ามา ขึ้นอยู่กับความชนิดและความหนาของพลาสติกในแต่ละชั้น ทำให้ยืดอายุผลิตภัณฑ์ได้ต่างกัน เช่น Rigid container ทำจากพลาสติกหลายชั้น PET/EVOH/PP จะรักษาปริมาณก๊าซภายในถ้วยให้คงที่ได้ยาวนาน 4 เดือน แต่ Rigid container PET/PP/PA6/EVOH/PA6/PP จะรักษาปริมาณก๊าซให้คงที่ได้ยาวนานถึง 12 เดือน เพราะ มีชั้นพลาสติก PA6 เพิ่มขึ้นช่วยปิดกั้นการแพร่ผ่านของก๊าซให้มีปริมาณน้อยลง (Mokwena and tang, 2012)



ภาพที่ 2 สมบัติการซึมผ่านของก๊าซไนโตรเจน ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ของฟิล์มชนิดต่าง ๆ



(a)



(b)

ที่มา Constantia Flexibles International GmbH, 2020; Ted Brink, 2019

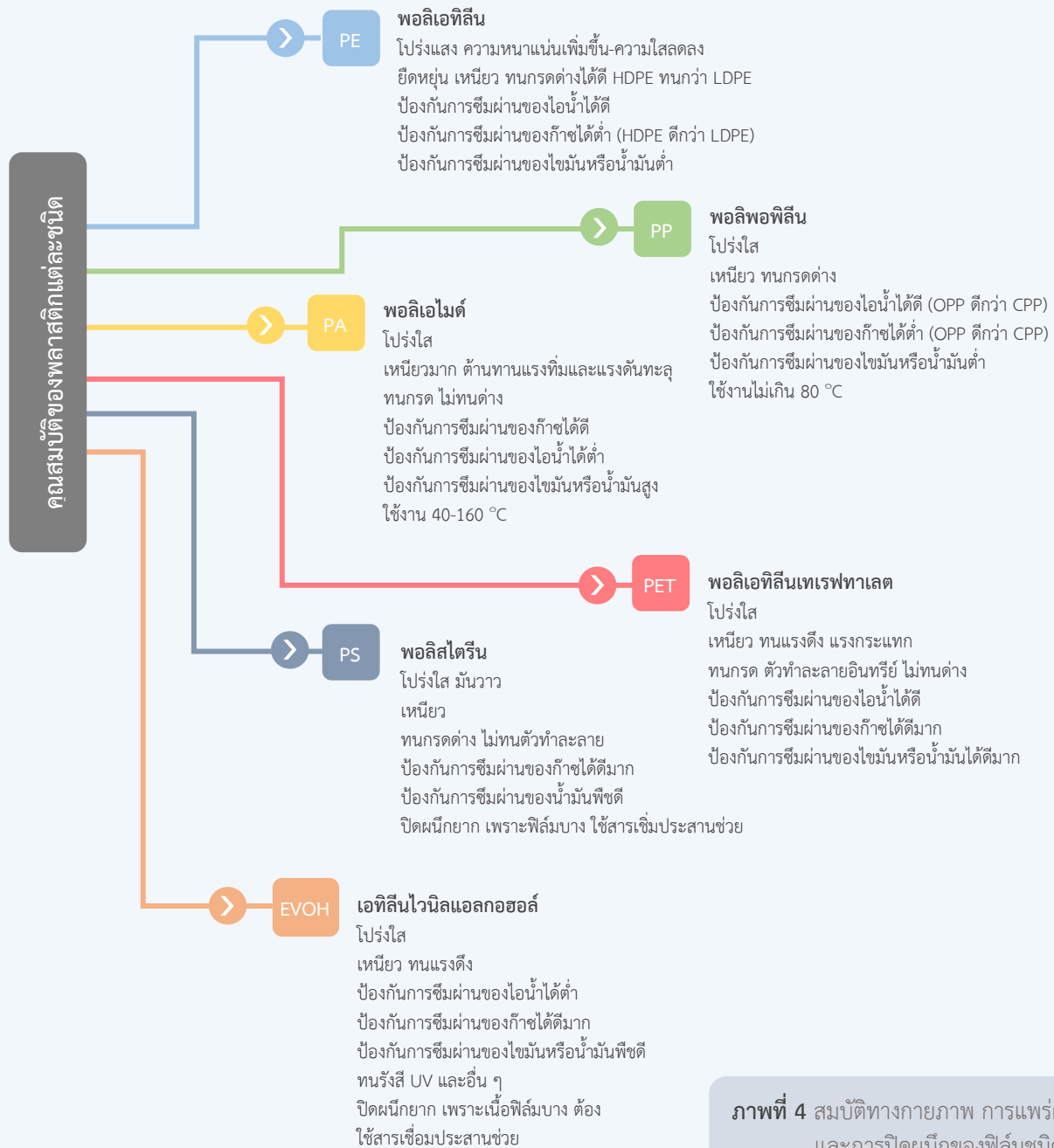
**ภาพที่ 3** ตัวอย่างส่วนประกอบของถุงพลาสติกหลายชั้น (a) และถ้วยพลาสติกหลายชั้น (b)

ตัวอย่างพลาสติกหลายชั้น เช่น ถุงสำหรับบรรจุอาหารที่ต้องฆ่าเชื้อด้วยความร้อนและความดัน (Retort pouch) ซึ่งประกอบด้วยพลาสติกชั้นในเป็นพลาสติก PP ซึ่งทนต่ออุณหภูมิและแรงดันสูงในการฆ่าเชื้อ รอยปิดผนึกแข็งแรง ทำให้บรรจุภัณฑ์ไม่แตกหรือรั่วระหว่างการผลิต ชั้นถัดมาเป็นพลาสติก PET หรือ PA เป็นชั้นที่เป็นโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ ช่วยป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำแพร่ผ่านเข้ามาภายในบรรจุภัณฑ์ ลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งทำให้เหม็นหืนในผลิตภัณฑ์จึงเก็บได้นาน ถัดออกมาเป็นชั้นของฟิล์มออบไอโลหะ (Metallized film) หรือแผ่นเปลวอะลูมิเนียม (Aluminium foil) เพื่อป้องกันแสง และชั้นนอกสุดเป็นพลาสติกชนิดพอลิเอสเตอร์ ซึ่งพิมพ์ได้ดี ไม่หลุดลอก มีความเหนียว และทนต่อแรงกระแทก ในปัจจุบันพลาสติกหลายชั้นประเภทนี้ถูกใช้แทนกระป๋องโลหะที่มักเรียกว่า ถุงรีเทอร์ท ทำให้ลดต้นทุนการขนส่ง เพราะมีน้ำหนักเบา นอกจากถุงพลาสติกหลายชั้นสามารถขึ้นรูปเป็นถาด ถ้วย สำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์สด และผลิตภัณฑ์แห้ง รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่บรรจุและต้องคงสภาพภาวะดัดแปรบรรยากาศ (Modified atmosphere packaging, MAP) ซึ่งต้องใช้พลาสติกหลายชั้น ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกันในการปิดผนึก (ภาพที่ 2 (b))

ความหนาของพลาสติกสำหรับบรรจุภัณฑ์โดยทั่วไปทั้งแบบชั้นเดียวและหลายชั้น มีหน่วยเป็น ไมโครเมตร สามารถวัดได้ด้วยเครื่องวัดความหนา (Thickness gauge) โรงงานผู้ผลิตจะระบุชนิดและความหนาของพลาสติกที่ใช้ เช่น PET125/EVOH32/PP610 หมายถึง ฟิล์มที่ประกอบด้วยชั้นพลาสติก PET EVOH และ PP แต่ละชั้นมีความหนา 125, 32 และ 10 ไมโครเมตร ตามลำดับพร้อมกับคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น ค่าความต้านทานแรงกด ร้อยละการยืดตัวเมื่อขาด สภาพให้ซึมผ่านได้ของก๊าซ และไอน้ำ ในเอกสารคุณลักษณะเฉพาะ (Specification) ซึ่งสามารถติดต่อตัวแทนจำหน่าย หรือผู้ผลิตโดยตรง

การเลือกพลาสติกเพื่อนำมาใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นไม่จำเป็นต้องเลือกชนิดที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุด เนื่องจากราคาสูงตามไปด้วย ควรพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมถึงต้นทุนที่เป็นไปได้ ตัวอย่าง เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการเก็บรักษาไว้นาน เช่น ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูง หรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Retort) หรือความดันสูง (High pressure machines) ไม่จำเป็นต้องใช้บรรจุภัณฑ์ Retort pouch หรือถุงที่มีชั้นของ EVOH ซึ่งมีราคาแพง ผู้ประกอบการสามารถลดความหนา หรือชนิดพลาสติก เพื่อลดต้นทุนการผลิต ในทางตรงข้าม ถ้าอาหารนั้นต้องการเก็บรักษานาน และไม่ต้องการให้สัมผัสกับปัจจัยเร่งการเสื่อมเสีย การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันแสง ไอน้ำ และอากาศได้ดี เป็นการเพิ่มโอกาสในการกระจายสินค้า

พลาสติกหลายชั้นนอกจากจะป้องกันกลิ่นจากภายในออกมารบกวนระหว่างการขนส่งหรือการวางจำหน่ายแล้ว ยังช่วยรักษาสภาพภายในบรรจุภัณฑ์ เช่น สภาพสุญญากาศ (ไม่มีอากาศภายในบรรจุภัณฑ์) สภาพที่มีการดัดแปรบรรยากาศ (Modified atmosphere Packaging) หรือควบคุมปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ นอกจากนี้ พลาสติกหลายชั้นยังช่วยลดการแพร่ผ่านของออกซิเจนจากภายนอกเข้ามาสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสื่อมคุณภาพ



**ภาพที่ 4** สมบัติทางกายภาพ การแพร่ผ่าน และการปิดผนึกของฟิล์มชนิดต่างๆ

### เอกสารอ้างอิง

- บริษัท ทียูแพ็ค จำกัด. มปป. คุณสมบัติของพลาสติกประเภทต่างๆ. แหล่งที่มา: [www.tupack.co.th/knowledge](http://www.tupack.co.th/knowledge). 24 ธันวาคม 2562.
- Balani K., Verma V., Agarwal A. and Narayan R. (Eds) 2015. Biosurfaces: A Materials Science and Engineering Perspective (1st Edition). John Wiley & Sons. 392 pages
- Guisheng F., L. Incarnato., L. Di Maio and D. Acierno. 1995. Discussion about the use of permeability between two gases for high molecular weight polymers. Polymer 36 (22): 4345-4346.
- Kirwan M.J. and Strawbridge, J.W. 2003. Plastics in food packaging. In: Giles, G.A. Food packaging technology. Blackwell Publishing. Ltd, Denmark, pp. 174-240.
- Maes, C. Luyten W., G. Herremans, R. Peeters., R. Caleer. R. Peeters and M. Buntinx. 2018. Recent updates on the barrier properties of ethylene vinyl alcohol copolymer (EVOH): A review. Polymer reviews. 58 (2) : 209-246.
- Mckeen, L.W. 2012. Introduction to Permeation of Plastics and elastomers in Permeability properties of plastics and elastomers (3rd Edition). William Andrew. 354 pages.
- Mokwena, K.K. and J.,Tang. 2012. Ethylene vinyl alcohol: A review of barrier properties for Packaging shelf stable foods. Food science and nutrition. 52(7): 640-650.
- Ted Brink. 2019. Improved performance with PA6 in multilayer barrier films. Available source: <https://www.slideshare.net/TedBrink/PAgev-dsm-presentation-PA6-in-film>. December, 24 2019.
- Siracusa Valentina. 2012. Food Packaging permeability behaviour: A report. International Journal of polymer science article ID 302029. Available source: <http://downloads.hindawi.com/journals/ijps/2012/302029.pdf>. December, 24 2019.
- Polymer properties database. 2015. Polymer properties database. Available source: <https://polymerdatabase.com/about>. December, 24 2019.