บรรจุภัณฑ์แก้ว

จุฬาลักษณ์ จารุจุฑารัตน์

สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

บทคัดย่อ

แก้ว เป็นวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ชนิดหนึ่ง และนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องมีความเฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยากับสารเคมีชีวภาพต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุบรรจุภัณฑ์อื่นๆ และรักษาคุณภาพสินค้าได้ดีมาก ข้อดีของแก้วคือมีความใสและทำเป็นสีต่างๆ ได้ สามารถทนต่อแรงกดได้สูง แต่เปราะแตกง่าย ในด้านสิ่งแวดล้อม แก้วสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ สิ่งที่พึงระวังในเรื่องการบรรจุ คือ ฝาขวดแก้วจะต้องเลือกใช้ฝาที่ได้ขนาดเหมาะสมกัน และต้องสามารถปิดได้สนิทแน่น เพื่อช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

1. ประวัติการพัฒนาภาชนะบรรจุภัณฑ์แก้ว

การนำแก้วมาใช้เป็นภาชนะบรรจุเริ่มประมาณปี ค.ศ. 1500 โดยมีชาวโรมันได้คิดค้นวิธีการเป่าแก้ว เพื่อใช้ทำภาชนะบรรจุแก้วที่ข้างในกลวง สำหรับใช้ใส่และเก็บอาหาร ต่อมาในปี ค.ศ. 1795 จักรพรรดินโปเลียน (Napolean) ได้ประกาศให้รางวัลแก่ผู้ที่สามารถแนะนำวิธีการถนอมอาหารให้สามารถเก็บได้นาน ซึ่งทำให้พ่อครัวชาวเปอร์เซียนชื่อนายนิโคลัส แอปเปิร์ต (Nicolas Appert) ได้คิดค้นวิธีการถนอมอาหาร โดยการนำเนื้อสัตว์ ผัก และผลไม้ บรรจุลงในภาชนะขวดแก้ว แล้วปิดให้สนิทด้วยจุก จากนั้นจึงนำขวดแก้วไปนึ่งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อน จึงได้รับรางวัลนี้ไป ซึ่งจากจุดนี้เองทำให้นักประดิษฐ์ชาวอังกฤษ ชื่อ นายไบรอัน ดอนคิน (Bryan Donkin) ได้ซื้อลิขสิทธิ์การถนอมอาหารจาก Appert และได้ใช้แผ่นโลหะชุบดีบุกนำมาม้วนและบัดกรีติดกันเป็นกระป๋อง กระป๋องที่ประดิษฐ์โดย Donkin ถูกนำมาใช้ในการผลิตอาหารกระป๋อง และใช้เป็นเสบียงในการทำสงคราม ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1854 เป็นต้นมา ในปี ค.ศ. 1879 ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มีผู้คิดค้นขวดแก้วที่มีลวดโลหะผูกอยู่กับจุกขวดที่ทำด้วยเครื่องเคลือบดินเผา และสามารถปิดผนึกขวดได้สนิทจากด้านใน ขวดแก้วลักษณะดังกล่าว เรียกกันว่า ขวดปิดซ้ำของฮัตชินสัน (Resealable Hutchchison Bottle) ในศตวรรษที่ 20 ได้มีการนำเครื่องจักรอัตโนมัติมาใช้ในการผลิตขวดแก้ว และมีการพัฒนารูปแบบของภาชนะบรรจุแก้วให้มีความสวยงามทันสมัยมากขึ้น ทำให้ภาชนะบรรจุแก้วเป็นภาชนะบรรจุสินค้าที่ได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่องมาถึงปัจจุบัน ดังภาพแสดงบรรจุภัณฑ์แก้วรูปที่ 1

รูปที่ 1 บรรจุภัณฑ์แก้วต่างๆ (ดารณี พานทอง, 2524)

1.1 ประเภทของภาชนะบรรจุแก้ว

แก้วเป็นวัสดุมีความโปร่งใสและสามารถทำให้ขุ่นได้ ภาชนะบรรจุที่ทำจากแก้วเป็นภาชนะประเภทคงรูปมีคุณสมบัติในการทนต่อกรด ด่าง และสารละลายได้ดี สามารถมองเห็นสิ่งของภายในได้ชัดเจน ภาชนะที่ทำจากแก้วจำเป็นต้องมีฝาปิด และจุดนี้เองอาจมีการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ การกระแทกอาจทำให้แก้วแตกง่าย ภาชนะบรรจุที่ทำจากแก้ว คือ ขวด มีรูปร่างแตกต่างกันออกไป มีทั้งแบบขวดปากแคบและขวดปากกว้าง ใช้บรรจุอาหาร ยา เครื่องสำอางค์ สารเคมี ซึ่งการแบ่งประเภทของภาชนะบรรจุแก้ว สามารถแบ่งได้หลายวิธี เช่น การแบ่งตามความต้านทานความดัน การแบ่งตามรูปทรงที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ หรือการแบ่งตามคุณสมบัติความเป็นกลางของแก้ว ได้ดังนี้ (ดารณี พานทอง, 2524)

1.1.1 การแบ่งประเภทตามความต้านทานความดัน

การแบ่งประเภทของขวดแก้วตามความต้านทานความดัน สามารถแบ่งประเภทได้ 2 ประเภท คือ

- ขวดแก้วชนิดที่มีความต้านทานความดันสูง เช่น ขวดบรรจุน้ำอัดลมชนิด one way ขวดเบียร์ ขวดไวน์ ขวดสุรา เป็นต้น ขวดประเภทนี้เมื่อมีการนำกลับมาใช้ใหม่ ความสามารถในการต้านความดันจะลดลง จึงนิยมนำกลับมาใช้เป็นขวดสำหรับบรรจุน้ำปลาหรือน้ำซีอิ๊ว

- ขวดแก้วชนิดที่มีความต้านทานความดันต่ำ เช่น ขวดบรรจุอาหาร ขวดซอสปรุงรส ขวดยา ขวดบรรจุเครื่องสำอาง เป็นต้น ขวดประเภทนี้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เรื่อยๆจนกว่าขวดจะแตก

1.2 การแบ่งประเภทตามรูปทรงภาชนะบรรจุ

การแบ่งประเภทของขวดแก้วตามรูปทรงของขวดแก้ว สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

- ขวดปากแคบ (Bottle) คือ ขวดที่มีปากขวดเล็กกว่าตัวขวด มีคอขวดที่แคบและยาว เช่น ขวดน้ำปลา ขวดน้ำอัดลม ขวดน้ำยา ขวดซอสรุงรส เป็นต้น

- ขวดปากกว้าง (Jar) คือ ขวดที่มีขนาดของปากขวดใกล้เคียงกับตัวขวดและคอขวดสั้น เช่น ขวดแยม ขวดผักดอง ขวดยาทา กระปุกเครื่องสำอาง เป็นต้น

1.3 การแบ่งประเภทตามสมบัติความเป็นกลางของแก้ว

การแบ่งประเภทของขวดแก้วตามสมบัติความเป็นกลางของเนื้อแก้ว สามารถแบ่งได้ ประเภท คือ

- แก้วบอโรซิลิเกต (Borosilicate Glass) เป็นแก้วที่มีปริมาณของด่างต่ำ มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ บอริกออกไซด์ (Boric Oxide) มีสมบัติทางด้านความทนทานต่อสารเคมีสูงและทนความร้อนได้ดีมาก นิยมใช้ทำภาชนะบรรจุแก้วชนิดทนไฟ หรือภาชนะบรรจุแก้วที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เช่น ถ้วยตวง กระบอกตวง หรือแก้วไพเร็กซ์ (Pyrex Glass)

- แก้วชนิดเป็นกลาง หรือแก้วเอ็นพี (Neutral Glass หรือ NP Glass) เป็นแก้วที่มีความเป็นกลาง มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ แบเรียมออกไซด์ (Barium Oxide) มีสมบัติทางด้านความทนทานต่อเคมีดีมาก นิยมใช้ทำภาชนะบรรจุยาฉีดขนาดเล็ก เช่น หลอดบรรจุวัคซีน ขวดบรรจุยาสำหรับฉีด หรือแอมพูลที่มีผนังบาง เป็นต้น

- แก้วโซดาไลม์ (Soda Lime Glass) เป็นแก้วที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ไม่มีการใช้สารเติมแต่งเพื่อช่วยภาชนะบรรจุแก้วมีสมบัติพิเศษ ภาชนะบรรจุแก้วที่ทำจากแก้วโซดาไลม์ ได้แก่ ขวดแก้วสีชา หรือขวดแก้วสีต่างๆ หรือขวดที่มีความมันวาวสะท้อนแสง ขวดแก้วประเภทนี้นิยมนำไปใช้ทำภาชนะบรรจุสำหรับบรรจุอาหารและเครื่องดื่ม

- แก้วเจียระไน (Lead Glass) เป็นแก้วที่มีการเติมสารตะกั่วลงไป เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและใส แก้วประเภทนี้จะไม่นิยมใช้ทำภาชนะบรรจุสินค้า แต่จะนิยมนำไปผลิตเป็นเครื่องประดับหรือเครื่องตกแต่งบ้าน

1.4 คุณสมบัติของภาชนะบรรจุแก้ว

ภาชนะบรรจุแก้ว โดยทั่วไปจะมีราคาแพงกว่าภาชนะบรรจุชนิดอื่น เช่น ภาชนะบรรจุกระป๋องโลหะ หรือภาชนะบรรจุพลาสติก แต่ภาชนะบรรจุแก้วมีคุณสมบัติที่เด่นกว่าภาชนะบรรจุที่ทำมาจากวัสดุอื่นหลายประการ เช่น มีความใส เป็นวัสดุประเภทคงรูป สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เป็นต้น คุณสมบัติที่สำคัญของแก้ว คือ

1) คุณสมบัติทางกล (Mechanical Strength) ภาชนะบรรจุแก้วเป็นภาชนะคงรูป มีความต้านทานต่อแรงกดและแรงดันภายในสูง โดยเฉพาะภาชนะบรรจุแก้วรูปทรงกลม แต่ความต้านทานต่อแรงกระทบของภาชนะบรรจุแก้วต่ำมาก ดังนั้นภาชนะบรรจุแก้วจึงเป็นภาชนะที่เปราะและแตกง่าย

2) คุณสมบัติด้านความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างเฉียบพลัน (Thermal Shock Resistance) ความสามารถในการทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างเฉียบพลันของภาชนะบรรจุแก้วขึ้นกับประเภท และความหนาของเนื้อแก้ว ภาชนะบรรจุแก้วที่มีความบาง จะมีช่วงของความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างเฉียบพลัน กว้างกว่าภาชนะบรรจุแก้วที่มีความหนามาก

3) คุณสมบัติด้านการมองทะลุ (Optical Properties) ภาชนะบรรจุแก้วเป็นภาชนะบรรจุที่มีความโปร่งใสมาก เหมาะกับการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ต้องการแสดงให้ผู้บริโภคเห็นในขณะเดียวกัน ถ้าต้องการใช้ภาชนะบรรจุแก้วกับผลิตภัณฑ์ที่มีความไวต่อแสง เช่น ไวน์ น้ำผลไม้ หรือยาบางชนิด ก็สามารถเติมสีของแก้วโดยใช้สารเคมีดังตารางที่ 1 ก็จะทำให้ภาชนะบรรจุแก้วสามารถกรองแสงได้

ตารางที่ 1 สารเคมีที่นิยมใช้ผลิตแก้วสีต่างๆ

สี	**สารเคมี**
Blue color	Cobalt Oxide
Green color	Chromium Oxide
Amber	Carbon and Iron Oxide
Dark green	Mixtures of Iron, Chromium, Manganese and Nickel Compound
Opal	Sodium or Calcium Fluoride

4) คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Properties) ภาชนะบรรจุแก้วจัดเป็นภาชนะที่มีความเป็นกลางต่อปฏิกิริยาเคมีมากที่สุด จึงไม่ทำปฏิกิริยาใดๆกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายในทำให้ผู้บริโภคได้รับความปลอดภัยสูงสุด

5) คุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำ กลิ่น (Water Vapor Transmission) ภาชนะบรรจุแก้วเป็นภาชนะที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำและกลิ่นได้ดีมาก จึงสามารถเก็บความสดใหม่ของสินค้าที่บรรจุอยู่ภายในได้นาน แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นกับความสนิทของฝาที่ปิดภาชนะบรรจุแก้วด้วย

6) คุณสมบัติเฉพาะด้านการใช้งาน (Functional Properties) คือ

- สามารถล้างทำความสะอาด เพื่อลดปริมาณฝุ่นละอองและเชื้อจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่ตามผิวขวดแก้วได้ง่ายที่สุด
- เมื่อเปิดฝานำผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายในมาใช้ ถ้าใช้ไม่หมดสามารถปิดฝากลับ เพื่อเก็บรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นได้
- สามารถนำกลับไปแปรสภาพเพื่อนำกลับมาหลอม และขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุแก้วชนิดใหม่ได้ (Recycle)

1.5 การผลิตภาชนะบรรจุแก้ว

การทำแก้วครั้งแรกของโลก เกิดจากความบังเอิญของชาวฟินิเซีย และชาวอียิปต์ที่ทำการหลอมโซดา รวมกับทรายด้วยความร้อนสูง จนกลายเป็นวัสดุโปร่งใส ที่เรียกว่าแก้ว ต่อมาวิชาการทำแก้วได้แพร่หลายออกไปยังประเทศต่างๆทั่วโลก เพื่อใช้ทำภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเครื่องดื่ม เครื่องสำอาง อาหาร และยา สำหรับประเทศไทยอุตสาหกรรมแก้วเริ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2498 โดยองค์การแก้วซึ่งเป็นรัฐวิสาหกิจ สังกัด

กระทรวงกลาโหม เพื่อทำการผลิตขวดแก้วบรรจุน้ำอัดลม เบียร์ และสุรา ทดแทนการนำเข้าขวดแก้วจากต่างประเทศ

การผลิตภาชนะบรรจุแก้ว มี 2 ขั้นตอน ดังนี้

1) การเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแก้ว คือ ส่วนประกอบออกไซด์ (Oxide) ของสารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ โดยมีสัดส่วนดังนี้

1.1 ซิลิกาออกไซด์ (Silica Oxide, Sio_2) ได้มาจากทรายแก้ว (High Purity Sand) ใช้เป็นองค์ประกอบหลักของเนื้อแก้ว จะใช้ประมาณ 72 % (โดยน้ำหนัก)

1.2 โซเดียมอกไซด์ (Sodium Oxide, Na_2o) ได้มาจากโซดาแอซ (Soda-ash) หรือโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate; $Na_2(o_3)$ จะใช้ปริมาณ 14 % (โดยน้ำหนัก)

1.3 แคลเซียมออกไซด์ (Calcium Oxide CaO) ได้มาจากหินปูน (Limestone) จะใช้ประมาณ 11 % (โดยน้ำหนัก)

1.4 อะลูมินา (Alumina, Al_2O_3) เป็นสารช่วยทำให้แก้วทนทานต่อสารเคมีมากขึ้น จะใช้ปริมาณ 1.7% (โดยน้ำหนัก)

1.5 เศษแก้ว (Cullet) ได้มาจากภาชนะบรรจุแก้วที่ใช้แล้ว หรือเศษแก้วจากกระบวนการผลิต นำมาทุบเป็นชิ้นเล็กๆ สามารถใช้ทดแทนซิลิกาออกไซด์ได้ถึง 50 % (โดยน้ำหนัก) และยังช่วยให้ส่วนผสมอื่นๆ ในการผลิตแก้วหลอมละลายได้ง่ายและเร็วขึ้น เพราะเศษแก้วจะหลอมได้เร็วกว่าซิลิกาออกไซด์ แต่ถ้าใช้เศษแก้วในการหลอมแก้วมากเกินไป จะทำให้ความแข็งแรงของแก้วลดลง และอาจทำให้สีของแก้วเปลี่ยนได้

1.6 สารอื่นๆ ที่ช่วยให้คุณสมบัติของแก้วดีขึ้น เช่น

- ซีลีเนียม (Selenium) หรือ โคบอลต์ออกไซด์ (Cobalt Oxide) ช่วยทำให้เนื้อแก้วใส
- ฟลูออร์สปาร์ (Fluorspar, CaF_2) หรือบอแรกซ์ (Borax, $Na_2B_4O_7$) ช่วยเร่งการหลอมละลาย ให้เกิดการหลอมละลายของซิลิกาออกไซด์ ได้เร็วขึ้น
- สารให้สี ที่ทำให้แก้วมีสีต่างๆ

2) การหลอมและการขึ้นรูปภาชนะบรรจุแก้ว

กระบวนการผลิตภาชนะบรรจุแก้ว เริ่มจากการชั่งวัตถุดิบตามสูตรหรือส่วนผสมของโรงงานแต่ละแห่ง แล้วนำมาผสมให้เข้ากันดี ยกเว้นเศษแก้ว ซึ่งจะโรยทับส่วนผสมทั้งหมดก่อนลำเลียงไปเข้าเตาหลอม อุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมแก้วประมาณ 1,500 องศาเซลเซียส เพื่อหลอมส่วนผสมทั้งหมดที่เป็นของแข็ง ให้กลายเป็นของเหลวเนื้อเดียวกัน หลังจากนั้นจึงทำการขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุแก้วรูปร่างต่างๆ โดยการลำเลียงน้ำแก้วใสไปยังห้องแก้วใส เพื่อทำการปรับสภาพให้เหมาะแก่การขึ้นรูป แล้วจึงตัดแบ่งเนื้อแก้วออกเป็นก้อนเล็กๆ ให้มีน้ำหนักตามที่ต้องการ หลังจากนั้นจึงนำไปขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุแก้ว

การขึ้นรูปขวดแก้ว ในการขึ้นรูปแก้วโดยทั่วไป จะมีการขึ้นรูป 2 ขั้นตอน คือ การขึ้นรูปอย่างหยาบ ที่เรียกว่า แบลงก์เชฟ (Blank Shape) หรือพาร์ริสัน (Parrison) และการขึ้นรูปเป็นขวดแก้ว ที่เรียกว่า การเป่าเป็นภาชนะแก้ว ซึ่งในขั้นตอนการเป่าแก้วนั้น มีวิธีการที่นิยมในปัจจุบันอยู่ 2 วิธี คือ

1. วิธีการขึ้นรูปแบบเป่า 2 ครั้ง (Blow and Blow Process) วิธีการนี้จะใช้ในการผลิตขวดปากแคบ มี 6 ขั้นตอน คือ

1.1 ก้อนแก้วหล่นลงมาในแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูป

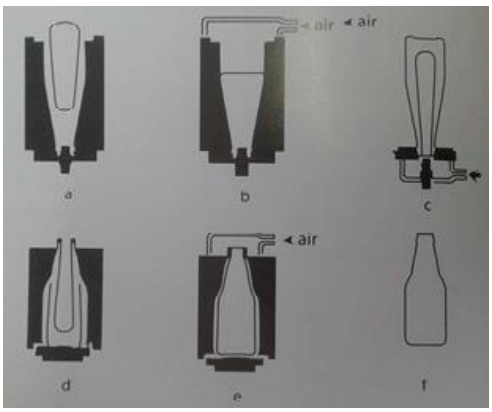
1.2 ปิดฝาแม่พิมพ์ แล้วเป่าอากาศเข้าไป เพื่อขึ้นรูปคอขวด

1.3 เป่าขึ้นรูปแม่พิมพ์ (Blank Shape)

1.4 ส่ง Blank Shape ไปสู่แม่พิมพ์สำหรับการขึ้นรูปโดยการเป่า

1.5 เป่าอากาศเพื่อขึ้นรูปเป็นภาชนะขวดแก้วปากแคบ

1.6 แกะแม่พิมพ์ออกจะได้ภาชนะขวดแก้วปากแคบ



รูปที่ 2 วิธีเป่าขึ้นรูปภาชนะแก้วแบบ Blow and Blow Process
(สุมาลี ทองรุ่งโรจน์, 2555)

2. วิธีการขึ้นรูปแบบกดและเป่า (Press and Blow Process) วิธีการนี้จะใช้ในการผลิตขวดปากกว้าง มี 5 ขั้นตอน คือ

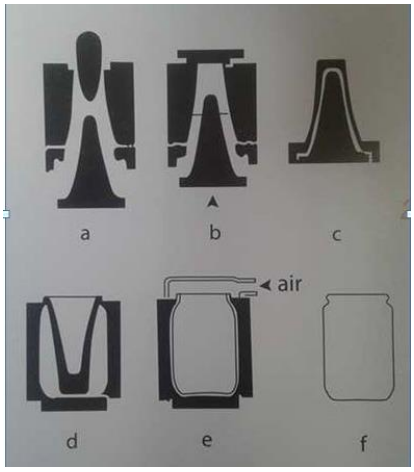
2.1 ก้อนแก้วหล่นลงมาในแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูป

2.2 ลิ่มกดเนื้อแก้วตามรูปแม่พิมพ์

2.3 ส่ง Blank Shape ไปสู่แม่พิมพ์สำหรับการขึ้นรูปโดยการเป่า

2.4 เป่าอากาศเพื่อขึ้นรูปเป็นภาชนะขวดแก้วปากกว้าง

2.5 แกะแม่พิมพ์ออกจะได้ภาชนะขวดแก้วปากกว้าง



รูปที่ 3 วิธีเป่าขึ้นรูปภาชนะแก้วแบบ Press and Blow Process
(สุมาลี ทองรุ่งโรจน์, 2555)

หลังจากการขึ้นรูปขวดแก้วเป็นขวดรูปแบบต่างๆแล้ว ขวดแก้วที่ได้จะถูกลำเลียงเข้าสู่เตาอบที่มีลักษณะเป็นอุโมงค์ยาว เพื่อลดอุณหภูมิของขวดแก้วลงอย่างช้าๆ เนื่องจากอุณหภูมิภายหลังการขึ้นรูปจะอยู่ระหว่าง 700 -800 องศาเซลเซียส ถ้าขวดแก้วถูกทำให้เย็นลงทันที จะเกิดความเครียดในเนื้อแก้ว และส่งผลให้ขวดแก้วแตกได้ภายหลัง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำไปเข้าเตาอบที่ควบคุมอุณหภูมิให้ขวดแก้วลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆ เพื่อไม่ให้เนื้อแก้วเกิดความเครียด ขวดแก้วที่ออกมาจากอุโมงค์จะมีอุณหภูมิลดลงจนอยู่ระหว่าง 100-200 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจะทำการคัดเลือกขวดแก้ว เพื่อให้ได้ขวดแก้วที่มีคุณภาพตามแบบที่ลูกค้ากำหนด หรือตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ในขั้นตอนการคัดเลือกแก้วนี้ ขวดแก้วที่มีตำหนิ เช่น ขวดเบี้ยว ปากขวดบิ่น มีรอยร้าว หรือมีฟองอากาศอยู่ในเนื้อแก้วจะถูกคัดออก หลังจากนั้นขวดแก้วที่ผ่านการคัดเลือกจะถูกบรรจุเพื่อเตรียมจำหน่ายต่อไป

บทสรุป

บรรจุภัณฑ์อาหารมีบทบาทสำคัญในการรักษาคุณภาพอาหารไม่ให้เน่าเสีย รวมทั้งการยืดอายุการเก็บของอาหารให้ยาวนานขึ้น บรรจุภัณฑ์อาหารที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารมีอยู่มากมาย บรรจุภัณฑ์แก้ว นับเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีใช้ในอุตสาหกรรมอาหารกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งบรรจุภัณฑ์แก้วเป็นวัสดุ ที่มีความใสมากและสามารถทำให้ขุนได้ ภาชนะบรรจุที่ทำจากแก้วเป็นภาชนะบรรจุประเภทคงรูป มีคุณสมบัติในการทนกรด ด่างและสารละลายได้ดี แต่มีข้อเสียคือแตกง่าย ยังเป็นบรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ซ้ำมากที่สุด ซึ่งวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ประเภทนี้มีชนิด ประเภทและคุณสมบัติ และจุดเด่นและจุดด้อยที่แตกต่างกันตามลักษณะเฉพาะของวัสดุ รวมทั้งมีกระบวนการผลิตอย่างละเอียด เพื่อการศึกษาและพัฒนาของบรรจุภัณฑ์กระดาษและบรรจุภัณฑ์แก้วต่อไปในอนาคต

บรรณานุกรม

ดารณี พานทอง. 2524. **การหีบห่อผลิตภัณฑ์**. วารสารรามคำแหงปีที่ 8 ฉบับที่ 7. วิคเตอรี่การพิมพ์ (มีนาคม 2524), หน้า 30-34.

มานะ อัครสุต. 2530. **บทบาทของภาชนะแก้วต่อการบรรจุภัณฑ์.** น. 85-90. ในรายงานการสัมมนาเรื่อง ภาชนะแก้วเพื่อการบรรจุภัณฑ์ พฤษภาคม พ.ศ. 2530. ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

บริษัท สกุลไชย พรีเมียมแอนด์แพค จำกัด. 2013. **ถุงกระดาษ KI**. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2560, จาก http://www.skulchai.com.

วิชัย เตชะโสภณมณี. 2530. **ขบวนการผลิตแก้วและการตรวจสอบควบคุมคุณภาพ**. น. 93-101. ในรายงานการสัมมนาเรื่องภาชนะแก้วเพื่อการบรรจุภัณฑ์ พฤษภาคม พ.ศ. 2530. กรุงเทพฯ: ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

สุมาลี ทองรุ่งโรจน์. 2555. **Packaging Design ออกแบบบรรจุภัณฑ์**. กรุงเทพฯ: บริษัท บอสส์การพิมพ์ จำกัด. 157 หน้า.

หฤทัย สุขยิ่ง. 2533. **อุตสาหกรรมขวดแก้ว**. ในรายงานการศึกษาเรื่องอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ในประเทศไทย (เล่มที่ 1), กรุงเทพฯ: ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บรรษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.

Anon., "**Packaging of Food Products**" Indian Institute of Packaging, Bombay, 1991.

Brody, A.L, Kenneth S. Marsh, "**The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology**" 2nd Edition, John Wiley & Sons Inc., NY, 1997.

Soroko, W., "**Fundamentals of Packaging Technology**," The Institute of Packaging, UK,1996.

Taschen. **Packaging Design in Japan**. Koln: Benedikt Taschen Verlag Gmb H & Go., 1989.

Yamaguchi, K. "Food packaging Techniques and Design" (C-8-87), Japan Packaging Institute,1987.

Yamato, Y. "**Glass Bottle**" (G-7-87), Japan Packaging Institute, 1987.