دانشگاه صنعتی اصفهان
گروه علوم و صنایع غذایی

اصول و مبانی بسته بندی مواد غذایی

چاپ هشتم

گردآوری:
دکتر مهدی کدیور

فروردین 1396

پیش گفتار

یکی از بزرگترین و مهم‌ترین جنبه‌های حیات بشری، مقابله انسان با قحطی و گرسنگی بوده و می‌باشد. تهیه مواد غذایی سالم جهت تغذیه جمعیت رو به افزایش دنیا از دغدغه های عمده در کشورهای جهان است. متاسفانه میلیونها تن از فراورده های غذایی در هر سال به علل مختلفی از جمله فعالیت میکروبها، فسادهای شیمیایی و آنزیمی و عوامل محیطی از بین می روند که مبارزه ای پیگیر به منظور جلوگیری از اتلاف این مواد را می طلبد. دراین مبارزه، بسته‌بندی و حفاظت از موادغذایی، نقش عمده‌ای را به عهده داشته و دارد. استفاده از پوشش های گوناگون و متنوع برای بسته‌بندی مواد غذایی اکنون به صورت صنعت عظیمی در آمده است و روز به روز از تعداد محصولات کشاورزی و فراورده های صنعت غذا که بدون پوشش و بسته به بازار مصرف ارائه می شوند، کاسته می شود. در حال حاضر با توجه به رشد و ایجاد تحول در فرهنگ مصرف، استفاده از مواد بسته بندی شده جایگاه ویژه ایی را در میان مردم پیدا کرده است. امروزه هرچند بسته‌بندی در درجه اول بمنظور حفظ ماده غذائی در برابر عوامل بیرونی است اما امروزه ضمن آنکه وسیله‌ای جهت افزایش ماندگاری است، عامل ارتباط بین ماده غذائی درون بسته و خریدار نیز می‌باشد و بسته و بسته بندی توانسته اند نه تنها به خوبی کیفیت محصول را در فاصله بین خط تولید در کارخانه تا میز مصرف کننده حفظ و نوعی فرهنگ خاص خود را نیز القاء نمایند. اکنون بسته‌بندی از صورت یک تکنولوژی محض به ترکیبی از هنر و علم تبدیل شده است و جای خود را به خوبی در میان جوامع علمی باز کرده است، بگونه‌ای که اکنون بسته‌بندی فراورده های تولید شده در کارخانه یک ضرورت به شمار آمده و حتی بخشهای خاصی بدان اختصاص یافته است. بدیهی است توجه به دغدغه های زیست محیطی موضوعی کاملا ضروری بوده بگونه ایی که بتوان از این صنعت مفید بدون آنکه ضرری متوجه حیات بشر شود، بخوبی بهره برد.

فصل اول
سیر و تحوّل تاریخی بسته‌بندی مواد غذایی

انسان از شروع زندگی اجتماعی خویش، از آن زمان که هیچ اندوخته قابل توجهی به جزء مایحتاج اولیه زندگی نداشت و نیازمند ظروفی بود تا غذا و لوازم خود را در آن جای دهد. آموخته بود که از برخی منابع که طبیعت در اختیار او نهاده، مانند تنه‌های پوک درختان، انواع نی، کدو، برگ‌ها و ... استفاده نماید. او بعدها توانست قسمتهائی از بدن حیوانات مانند مثانه، پوست، شاخ، استخوان و حتی رگ و مو نیز بهره گیرد. در دوره نو سنگی، انسان ظروف فلزی را می‌شناخته و در کنار آن قادر به ساخت ظروف سفالین بوده است. شناخت شیشه به عهد سومریان باز می‌گردد و نشانه‌های دال بر استفاده از این ماده در 1500 سال قبل از میلاد مسیح موجود است. هرودت در تاریخ خود، به این نکته اشاره دارد که در سال 530 قبل از میلاد نیز ایرانیان پس از غلبه بر نیروهای مصری آب مورد نیاز آنها را با استفاده از ظروف سفالین بزرگ تأمین می‌نمودند.

در سفرنامه ناصرخسرو به مکتوبی این چنین برمی‌خوریم:

"در روز سیّم دیماه قدیم از سال 416 عجم، این میوه ها و سپرغم ها (سبزیها) به یک روز دیدم که ذکر می رود و هی هذا: گل سرخ، نیلوفر، نرگس، ترنج، نارنج، لیمو، مرکب (شبیه نارنگی)، سیب، یاسمن، شاه اسپرغم (ریحان)، به، انار، اَمرود (گلابی)، خربوزه، دستنبویه، موز، زیتون، بلیلهٔ تر، خرمای تر، اَنگور، نیشکر، بادنجان، کدوی تر، تُرب، شلغم، کُرُنب (کلم)، باقلای تر، خیار، بادرنگ (بالنگ)، پیازتر، سیرتر، جَزَر یا گزَر (هویج)، چغندر. هرکه اندیشه کند که انواع میوه و یا ریاحین که بعضی خریفی (پائیزی) و بعضی ربیعی (بهاری)، بعضی صیفی (تابستانی) و بعضی شتوی (زمستانی) چگونه جمع بوده باشد، همانا قبول نکند، اما در آن غرضی نبود و ننوشتم اِلا آنچه دیدم".(سفر نامه به اهتمام محسن خادم، ققنوس، تهران 1382 ضفحه 172)

هنگامی که حکیم ناصرخسرو، در قرن پنجم هجری و در یک روز خاص، ناظر بر مجموعه‌ای از میوه‌ها و سبزیهای مختلف در بازار قاهره بوده، آن هم اقلامی مربوط به فصول مختلف سال، می‌توان چنین برداشت نمود که در آن زمان تبادل کالا با خصوصیات ذیل وجود داشته است و می توان نتیجه گرفت:

1-بین نواحی مختلف ارتباط تجاری برقرار بوده است.

2-وجود نوعی سیستم بسته‌بندی که با استفاده از آن محصول فاسد شدنی از مناطق دوردست به قاهره انتقال داده می شد.

3-سیستمهای منظم حمل و نقل بین نواحی مختلف وظیفه انتقال را بر عهده داشته است

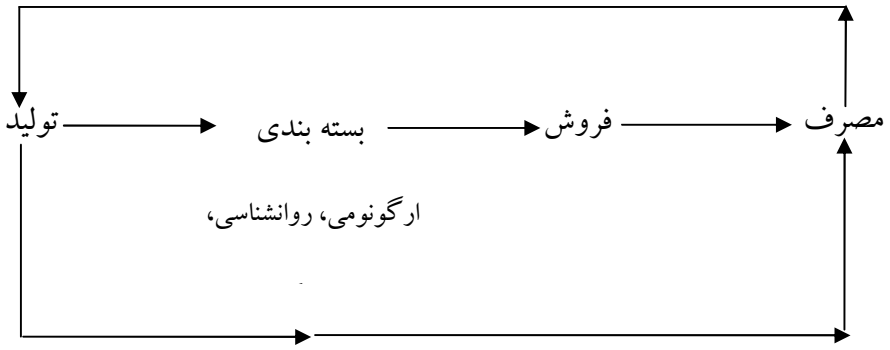
براستی تجار و تولید کنندگان در آن زمان برای بسته‌بندی این اقلام متنوع و صدها نوع محصول دیگر از چه روشهائی استفاده می‌نمودند؟ به هر روی به نظر می‌رسد با توجه به امکانات آن زمان، هدف از بسته‌بندی، بیشتر محافظت از کالاها در مقابل تنشها و آسیبهای فیزیکی و جوّی بوده است. برای مثال، موادی مانند عسل و یا کره را در مشکهائی که از پوست حیوان تهیه شده بود، نگهداری می‌کردند. نمک و مواد دانه‌ای را در خورجین می‌ریختند و محصولاتی مانند هندوانه، خربزه و انگور را در سبدهای جادار قرار می‌دادند. با این همه اگر به تاریخ بسته‌بندی تا پیش از انقلاب صنعتی نگاه کنیم، در می‌یابیم که در فاصله زمانی چنین طولانی، تحول مهم و چشمگیری در این زمینه رخ نداده است. کوچک بودن حجم تبادل بین‌المللی کالاها در مقایسه با زمان بعد از انقلاب صنعتی و تنوع بسیار کم در مواد مورد نیاز برای بسته‌بندی و حرکت آهسته‌ی کاروانها برای حمل و نقل را می‌توان از علل عمدهٔ این وضعیت عنوان کرد. اگر در این موارد با نظامی پیچیده‌تر از روابط کالایی روبه‌رو می‌شویم بیشتر بدین علت است که سیستمهای اقتصادی و سیاسی جامعهٔ موردنظر توانسته بود از حداکثر امکانات موجود بهره‌ائی در خورتوجه ببرد

ظهور انقلاب صنعتی، به راستی تحولی اساسی در نظام تولید کالائی و تبادل آنها ایجاد کرد. با ظهور انرژی بخار، بشر به نیرویی غیر از نیروی انسانی دست یافته و تحول در اندیشهٔ او نیز منجر به کاربرد علوم و فنون جدید شد، انرژی حرارتی، آب را بخار کرد و بخار فشردهٔ آب، چرخها را به گردش درآورد. طنین حرکت جدید، زودتر از حد تصور آن روز، سرتاسر جهان را لرزاند. نظام تولید کالا توانست با شتابی بسیار زیاد، پیرامون خود را انباشته از کالا کند. کاربرد علوم جدید به تدریج جهان را با تنوع بیشتری از کالاها و مواد مواجه کرد.بدیهی است که آن انباشتگی و تنوع، ضرورت یافتن بازارهای فرامرزی را اجتناب‌ناپذیر سازد. از طرف دیگر، تولید بیشتر نیاز به مواد خام بیشتر داشت و در بسیاری از موارد، سیستم تولیدی قادر نبود درون مرزهای کشورهای تازه صنعتی، این حجم از مواد را بیابد، چنین شد که حجم عظیمی از تبادل‌های جهانی بر مدار تبادل مواد خام یا کالای صنعتی استوار گشت. به تدریج، کشورهایی که هنوز با انقلاب صنعتی و رنسانس علمی

درگیر نشده و از نظام تولیدی نازلتری برخوردار بودند تبدیل به بازارهایی بالقوه، برای کالاهای صنعتی کشورهای توسعه یافته شدند که البته برای چنین تبادلی، چیزی جز مواد خام نداشتند. در این میان ضرورت بین المللی شدن تبادل کالائی، رشد و توسعهٔ ناوگان حمل و نقل جهانی بود، ابتدا پژوهشگران و مکتشفان به حرکت درآمدند، کوششها و مساعی آنان برای یافتن منابع خام و حوزه‌های جغرافیایی وسیع منجر به یافتن قاره‌های دیگر شد و بدین نحو عصر تبادل مواد خام با کالای صنعتی آغاز شد.

در صحنهٔ داخلی کشورهایی که انقلاب صنعتی آنان را به جنب جوشی بسیار متفاوت وا داشته بود، حادثه مهم دیگری نیز در حال رخ دادن بود، این واقعه از رقابت میان تولیدکنندگان برای تولید بیشتر، متنوع‌تر و ارزانتر حکایت داشت، به گونه‌ای که مجبور به انجام نوآوری در ساخت ماشینهای تولیدی و تولیدات صنعتی مختلف بودند. به تعبیری دیگر، نوآوری به معنی تبلور دانش بیشتر در ساخت کالاها نیز بود و همین دو مورد، ریشهٔ اساسی ایجاد تحولی بسیار مهم در شکل‌گیری و رشد صنعت بسته‌بندی شدند، این‌بار بازارها شکل جدیدی به خود گرفتند و کالاها، به دلیل استفاده بیشتر از از دانشی که در آنها متبلور شده بود، تا دور دستها طی طریق می‌کردند تا به دست مصرف‌کنندگانی، این بار با فرهنگی متفاوت برسند. به این ترتیب، به تدریج ضرورت وجودی پوششی دیگر به نام ارتباطی – اطلاعاتی و یا ارتباطی – تبلیغاتی، در مجموعهٔ بافت و سیستم بسته‌بندی احساس شد. سیستم بسته‌بندی این بار به صورت مجموعه‌ای با دو پوشش درآمد، یکی پوشش حفاظتی و دیگری پوشش ارتباطی و این دو تا به امروز نقش مهمی در طراحی و ساخت سیستمهای بسته‌بندی در مجموعهٔ نظام کالایی بازی کرده‌اند. از ترکیب این دو پوشش که ظاهراً دو خصلت متضاد در خود دارند، یک سیستم بسته‌بندی حاصل می‌شود. اولین پوشش -یعنی پوشش حفاظتی–شرایطی ایجاد می‌کند که تحت آن شرایط، از نفوذ و تأثیر عناصر مخرب خارجی جلوگیری شده و بدین ترتیب ارتباط کالا را با جهان قطع می‌کند، دومین پوشش–که پوشش ارتباطی است- بر عکس پوشش اول، کوشش می‌کند شرایطی برای ایجاد ارتباط این کالا با جهان خارج ایجاد کند. برای مثال، آن دسته از مواد غذائی که به شدت تحت تأثیر آلاینده‌های محیط قرار می‌گیرند، باید کاملاً از جهان خارج دور نگهداشته شوند، و این در حالی است که طرحها و برچسب‌های موجود روی این پوششها حفاظتی، کوشش می‌کنند از محتوای این بسته اطلاعات لازم را به جهان خارج انتقال دهند. پوشش حفاظتی در بسته‌بندی، باید با مجموعه‌ای از عوامل فیزیکی، شیمیائی و شرایط حمل

و نقل و انبار مقابله کند و پوشش ارتباطی آن باید بتواند با استفاده از علومی چون روان‌شناسی و جامعه شناسی بر مقولاتی چون رقابت تجاری در حوزهٔ اقتصاد، چیره شده و نیازهای مصرف‌کنندگان را تامین نماید، به همین دلیل، سیستم بسته‌بندی بدون توجه به عوامل فوق سیستمی کامل نبوده و موفق نخواهد شد تا وظایف و اهداف خود را به انجام رساند. در کنار ان باید توجه داشت که سیستم بسته‌بندی از شرایط پیچیدهٔ اقتصادی، سیاسی و فرهنگی جوامع مختلف نیز تأثیر می‌پذیرد. برای مثال، رقابت فشرده میان تولیدکنندگان و بازرگانان، به تدریج، هنر را نیز به صحنه این صنعت وارد کرد، هنر توانست به مجموعهٔ این سیستم ارتباطی، مفهومی به نام جذابیت را نیز اضافه کند و جهانی بسیار متنوع‌تر را مقابل دید قرار دهد. به علاوه استفاده از علوم دیگر، نظیر روان‌شناسی فردی و اجتماعی و ارگونومی، به سیستمهای مختلف بسته‌بندی، مفاهیمی نظیر آرامش، شور و سهولت در استفاده را نیز اضافه کرد.



مستقل شدن این صنعت از مجموعهٔ صنایع دیگر، زمانی آغاز شد که به دلیل فشرده شدن رقابت و کاربردهای علوم و فنون متنوع در این دسته از صنایع—و بویژه محدودیتهای اعمال شدهٔ حاصل از فرآیندهای اقتصادی رقابت—پدیدهٔ پژوهش و توسعهٔ آن به صورتی جدی به وجود آمد. این بار، صنایع بسته‌بندی سهمی قابل توجه از بودجه‌های پژوهشی شرکتهای تولیدی را به خود اختصاص دادند. حاصل این پژوهشها، این امکان مهم را فراهم کرد تا بتوان مواد غذایی، را به کمک فرآیندهای گوناگون بسته‌بندی کرده و بدین ترتیب بخش بسیاری از مواد غذائی—که تا پیش از این تحول، فاسد شده و از بین می‌رفت—به مدد تحولی این چنین قابل استفاده شود. چنین فرآیندی، در حقیقت تأثیر سودمند رشد و توسعهٔ صنایع بسته‌بندی بر صنایع دیگر، بویژه کشاورزی، بود. امروزه، صنایع بسته‌بندی تبدیل به یک فناوری قدرتمند شده، اما با وجود بر طرف نمودن بسیاری از مسائل، مشکلاتی نیز میانه مسیر تولید تا مصرف کالا ایجاد کرده که بیشتر به ارتباط میان این دسته از

صنایع با محیط زیست باز می‌گردد. به هرحال، هرچند بسته‌بندی از جنبه‌های مختلف قابل بررسی است، اما با توجه به آنچه گفته شد سه عامل مهم و اصلی آن عبارتند از:

1- زمینه اقتصادی:

در مرحله تولید یک بسته تمام جوانب اقتصادی مورد لحاظ واقع شود. در تولید هر نوع (بسته‌بندی از کیسه نایلونی یک نان تا بسته‌بندی نوعی شکلات گران قیمت) با سقف بودجه‌ای متناسب با محصول روبه‌رو هستیم و تنها در بعضی موارد است که می‌توان این سقف را جا به‌جا نمود، هزینه تولید یک بسته باید با بهای محصول تناسب منطقی داشته باشد و مواد اولیه آن دارای حداقل دور ریز بوده و کمترین فضا را اشغال نمایند و بالاخره قابلیت تولید انبوه را داشته باشد.

2- زمینه تکنیکی و کاربردی

محافظت از کالا، اصلی‌ترین وظیفه بسته‌بندی است. این حفاظ از هر جنسی که باشد، باید کالا را به خوبی در برگیرد و آنها را در بعضی موارد در مقابل ضربه و تکان حفظ و به خوبی وزن کالا را تحمل نماید.

3- زمینه تبلیغاتی و بازاریابی یا جادوی هنر بسته‌بندی

طراحی برای محصولات تجاری بخشی از روند تولید و بازاریابی است. قبل از شروع کار، طراح باید تحقیق جامعی درباره محصول انجام داده و اطلاعات دقیقی گردآوری نماید. وی باید محصول را کاملاًبشناسدو با مشخصات، امتیازات، موارد مصرف، توانائی بالقوه فروش، سلیقه‌ها و عادات خرید مصرف‌کنندگان احتمالی آن، زبان‌شناسی رنگها و حتی محصولات رقبا آشنا باشد. در یک سیستم بسته‌بندی، محتوا هرچند همان کالاست اما یک سیستم بسته‌بندی مناسب باید بتواند این محتوا را با نمودی متناسب با آن عرضه کند، بدیهی است که میان محتوی و نمود، یعنی کالا و بسته‌بندی، باید رابطه‌یی مبتنی بر اطلاعات استوار باشد، به عبارت دیگر، اطلاعات واسطه‌ای میان محتوا و نمود است، به طوری که هر نمودی جلوه‌ای از محتوی است. تضاد و تناقض میان محتوا و نمود – یعنی ساخت اطلاعات نادرست میان این دو – می‌تواند تمام مفهوم بسته‌بندی را در محدودهٔ زمانی خاص بی‌حاصل نماید و بدین ترتیب اعتماد خریدار را به کلی تخریب کند، بنابراین کاهش فروش و فروپاشی تبادل برای چنین سیستمی کاملاً متحمل است. از سوی دیگر هر کالائی در درون بسته‌بندی، دارای زمانی خاص برای حفظ ساختار و ویژگیهای خود است، بنابراین رابطه اطلاعاتی میان کالا و بسته‌بندی

تابع زمان معینی است و بعد از آن چنین رابطه‌ای گسسته می‌شود، از این روست که هر سیستم بسته‌بندی و بویژه بسته‌بندیهای موادغذایی که سریعتر محتوایشان تخریب می‌شود، دارای زمانی مشخص برای کاربرد و استفاده هستند، به همین دلیل کوشش تمامی تولیدکنندگانی که در بازارهای رقابتی فعالیت می‌کنند بر این مدار دور می‌زند که از زمان حمل کالا تا عرضه و مصرف آن، رابطهٔ اطلاعاتی میان محتوا و نمود، در مجموعهٔ کالا و بسته‌بندی آن تخریب نشود و بر هم نریزد. در حقیقت برای افزایش ثبات در این ارتباط است که در یک سیستم بسته‌بندی، از پوشش حفاظتی نیز بهره می‌گیرند، هرچه پوشش حفاظتی طول عمر بیشتری داشته باشد، سیستم بسته‌بندی می‌تواند نمود اطلاعاتی خود را برای مدتی طولانی‌تر–منطبق با شرایط درونی کالای خود- حفظ کند.

در نگاهی دیگر، پدیده پوشش ارتباطی (یعنی نمود بسته‌بندی)، تابع فاکتور دیگری است که می‌توان نام آن را هنر جذب یا هنر ارتباط نامید. استفاده از پدیدهٔ هنر برای ایجاد جاذبه در یک پوشش ارتباطی، می‌تواند نقش بسیار تعیین کننده‌ای در فروش یک کالا داشته باشد. هنر دقیقاً با چنین هدفی به کمک پوشش ارتباطی و نمودی یک سیستم بسته‌بندی می‌آید. روشن شدن سهم هنر در نظامهای تولیدی ضعیف می‌تواند یکی از عوامل بسیار مهم گسترش دامنهٔ فروش و بازار آنها باشد. آنچه که در بدو امر یک سیستم تولیدی و یا یک مدیریت قوی آبدیده در کورهٔ رقابت باید از آن مطلع باشد مسئله «پیام هنری» است. یک پیام هنری موفق در حوزهٔ سیستمهای بسته‌بندی، می‌تواند در خریدار یا گیرنده، احساسی به نام جذبه و یا توجه ایجاد کند، طوری که بتواند منطق خود را فراتر از منطق حاکم بر آن ذهن، در لحظهٔ خاص اعمال کند. بنابراین یک پیام هنری باید بتواند ذهن خریدار را تا آنجائی که ارتباط اطلاعاتی میان این پیام و محتوی، یعنی کالای درون بسته‌بندی، از بین نرود به خود جلب کند. اگر اندکی در یک سوپرمارکت بزرگ قدم بزنید و برای مثال خریدار شیرینی باشید، دست شما به ناگهان به سراغ آن جعبه‌ائی خواهد رفت که پیام هنری قویتری دارد، و می‌توان گفت که اکثریت خریداران، همان جعبه را انتخاب می‌کنند، بدون آنکه محتوای آن با محتوای سایر بسته‌بندیها تفاوت چندانی داشته باشد. جادوی پیام هنری در بسته‌بندیها را همیشه مدیران فروش موفق شرکتها درک کرده و می‌کنند. آنان خوب می‌دانند که بدون چنین جاذبه‌ای از فروش خبری نیست.

فصل دوم

تعاریف و اهداف

دایره المعارف بریتانیکا، بسته‌بندی را چنین تعریف می‌نماید: «*تکنولوژی و هنر آماده کردن یک کالا برای حمل، ذخیره‌سازی و فروش آسان*». در تعریفی دیگر انجمن متخصصین بسته‌بندی آمریکا بسته‌بندی را آمیزه‌ای از «*فن قرار دادن کالا در بسته*» «*بکارگیری مواد مختلف جهت محافظت موادغذایی*» و بالاخره «*جذابیت و جلوه‌گری بسته*» می‌داند.در تعریفی سیستماتیک بسته بندی را می توان پوششی از یک سیستم دانست که کالا نامیده می شود و کالا عبارت است از دانشی که با استفاده از انرژی در جرمی تثبیت شده است. صرف‌نظر از تعاریف فوق، لازم است تا تمامی سعی و کوشش بعمل آید تا بسته‌ایی با بهترین مشخصات روانه بازار گردد و در این راه باید به این جمله معروف که : «بسته‌بندی خوب، نیمی از فروش خود را قبل از عرضه کرده است» توجه جدی نمود. اگر بازار را مکانی بدانیم که در آن نیروها و شرایط خریدار و فروشنده در هم گره می‌خورند بگونه‌ای که باعث جابجا شدن کالا و خدمات خواهد شد. آن گاه می‌توانیم در یک رقابت سالم به «ادبیات بسته‌بندی» در بر هم زدن توازن به نفع یک یا چند فروشنده – در میان خیل عظیم فروشندگان – بهتر پی ببریم. بسته و پوشش جایگاهی برای برقراری ارتباط و وسیله‌ای برای تبلیغ بشمار می‌آید. در این میان انتخاب پوشش مناسب نقش کلیدی را خواهد داشت و بنابراین ضرورت دارد که در این مورد، به سوالاتی که یافتن پاسخ آنها راه‌گشا خواهد بود، جواب داده شود.

1- محصول بسته‌بندی شده و نوع بازار ؟ (جنبه‌های اقتصادی، فصلی، ذائقه و فرهنگی بازار هدف)

2- موانع مورد نیاز برای بسته ؟ (ضد چربی، ضد رطوبت، امکان یا عدم امکان عبور گاز و ...)

3- طبیعت فرآورده‌ای که باید بسته‌بندی باشد ؟ (فسادپذیری، شکنندگی، مایع و جامد بودن)

4- نحوه استفاده مجدد و یا مکرر از بسته چگونه است؟

5- اندازه‌های متفاوت مورد نیاز ؟

6- پیش‌بینی زمان برای تعویض پوشش؟ (اندازه، شکل، کاهش هزینه‌ها، فرمول‌های جدید)

7- تحمل بسته یا پوشش به درجه حرارت یا برودت ؟

8- چگونگی جلب توجه مصرف کننده ؟ (رنگ، فرم هندسی، نام و لوگو، ابتکاری بودن)

9- رعایت جنبه‌های اقتصادی ؟ (هزینه تمام شده یک پوشش)

10- میزان استقبال مصرف کنندگان؟ (بررسی‌های مقدماتی و یا کلی)

11- شناخت کافی از رقبا ؟

12- آیا در حفاظت از بسته در برابر ناخنک زدن (tamperproofness) ؟

در زمینه رنگ، اثرات آن می‌تواند بسیار محسوس باشد و توجه به اثر رنگ‌ها می‌تواند بسیار مفید باشد.رنگ سفید خاموشی و سکوتی زنده را می رساند، احساسی از پاکی و خلوص را در انسان بر می انگیزد، شاد و زنده و لطیف است. رنگ قرمز بعنوان یک عامل تحریک کننده دستگاه گوارش که حتی می‌تواند بر نحوه گردش خون نیز اثر بگذارد شناخته می‌شود. البته بواسطه همین اثر است که بکارگیری این رنگ باید کنترل شده باشد. در همین زمینه رنگ قرمز روشن شادی‌بخش بوده حال آنکه قرمز تیره نوعی افسردگی را القاء خواهد نمود. رنگ نارنجی حتی از رنگ قرمز نیز مؤثرتر است بگونه‌ای که می‌تواند تأثیر فیزیکی نیز به همراه داشته باشد. رنگ زرد روشن بیانگر گرمی و لطافت بوده، زرد طلایی و زرد متمایل به سبز بترتیب بیانگر تلاش و سلامتی و سالم بودن خواهند بود. رنگ زرد تیره محرک حواس می‌باشد. رنگ صورتی گرچه فاقد شادابی ایجاد شده توسط رنگ قرمز است اما گفته می‌شود که حالاتی چون صمیمیت و اصالت را تشدید خواهد نمود. رنگ سبز را رنگ آرام نام نهاده‌اند که در آن تلالو جوانی، رشد و امید را می‌توان مشاهده نمود و بالاخره رنگ آبی، رنگ آرامش نامیده شده است. تفاوت آن با رنگ سبز آن است که رنگ سبز را مرتبط با آرامش زمینی و آبی را آرامشی معنوی و آسمانی در نظر گرفته‌اند.بنفش حزن و اندوهی توام با وقار دارد و سالمندان به آن علاقه بیشتری دارند. گاهی رنگ‌ها، احساس خاصی را تلقین می‌نمایند. بعنوان مثال رنگ‌های تیره وزن بیشتر، زرد طلائی تجمل، نارنجی اشتهای کاذب ، خاکستری شوری، قهوه‌ائی سوخته، طعم تلخ، سبز، طعم ترش را القاء می‌نمایند.نکته دیگر در مورد رنگ آن است که همواره استفاده از ترکیب رنگهای متنوع، موثرتر از بکارگیری یک یا چند رنگ انگشت شمار نخواهد بود و بنابراین افراط در استفاده از رنگ می‌تواند اثر معکوس داشته باشد. البته شیشه‌های چند رنگ می‌تواند نوعی اثر مشابه با مشاهده رنگ‌های موجود در طبیعت را نیز بدنبال داشته باشد.رنگ زرد بر روی زمینه سیاه بیشترین خوانایی را دارد. تکنیک‌های بکارگیری رنگ نیز باید

مورد توجه قرار گیرند. مثلاً رنگ ها اگر به صورت نوارهای افقی باشند بسته کوتاه تر و فشرده تر دیده می شود و اگر عمودی باشند بسته را بلند تر جلوه می دهند. رنگ‌های روشن، بسته‌ها را بزرگتر نشان می‌دهند و یا حرکت رنگ از مرکز به کناره‌ها و روشن‌تر شدن تدریجی آنها باز می‌تواند بسته را بزرگتر جلوه دهد. در ارتباط با نکات گرافیکی، همان گونه که قبلاً نیز بیان شد، پوشش ضمن انتقال یک پیام به مصرف کننده باید محتوی بسته را نیز توصیف نموده، چگونگی استفاده از آن را بیان نماید.به عنوان مثال استفاده از متر به عنوان باز کننده جعبه بستنی رژیمی و یا کمربند در سوس مایونز حاوی چربی، در القا نوعی مفهوم به خریدار بسیار موثر است (شکل 1).

شکل 1- محصول رژیمی همراه با نماد متر یا کمربند

در مورد نام می‌توان به مواردی مانند ارزش نامهایی چون زمزم در فرهنگ اسلامی، عدد 7 به عنوان عدد خوشبختی در کشورهای اروپایی، حرف L به نشانه پیروزی در میان فیلیپینی ها اشاره نمود.وجود وضوح و به عبارت دیگر عدم وجود پارازیت در ارسال پیام نیز باید مورد توجه خاص قرار گیرد. دلایل انجام بسته‌بندی را در یک نگاه کلی می‌توان در موارد ذیل خلاصه نمود:

1- حفاظت از آسیب‌های فیزیکی، میکروبی و آلودگی‌ها
2- سهولت در حمل و نقل
3- امکان اعلام مشخصات و یا نوع فرآیند (ترکیب، قیمت، تاریخ تولید و مصرف و ...)
4- تبلیغ
5- سهولت انبارداری
6- سهولت استفاده و انهدام و یا جمع‌آوری از بازار (recall)

7- تقلیل ضایعات

8- امکان استفاده در بحران‌های طبیعی و یا غیرطبیعی (سوانح، جنگ‌ها، قحطی و ...)

9- امکان عرضه به گروههای مختلف با در نظر گرفتن اندازه بسته.

در پایان این بخش متذکر می‌گردد که در این مجموعه و از اینجا به بعد به جنبه‌های تکنیکی بسته‌های مصرفی در صنایع غذایی، در قالب چندین بخش شامل: نحوه تولید و ساخت ظروف شیشه‌ای ، ظروف فلزی ، آلومینیومی و فولاد قلع اندود، ظروف پلاستیکی، پوشش‌های کاغذی و مقوایی، بسته‌های چوبی اشاره شده و به تفصیل دوباره مشخصات و عوامل موثر بر یکایک آنها بحث خواهد شد. همچنین در مواردی به جنبه‌هایی خاص مانند شکل‌دهی به بسته به هنگام تولید ماده غذایی و یا فرآیندهایی که مستقیماً در ارتباط با بسته‌بندی می‌باشند، پرداخته خواهد شد.

فصل سوم:ظروف شیشه‌ای

مقدمه و مزایا

شیشه قرن‌هاست که در اختیار بشر قرار گرفته است. در ابتدا، کاربرد ساده‌ای داشته و از آن جهت تهیه ظروف آبخوری، تنگ‌های آب و مانند آن استفاده شده و میشود (شکل 1) اما اکنون ماده‌ای است که در صنعت و تکنولوژی کاربرد بسیار وسیعی دارد. مثال‌ها در این زمینه، حباب لامپ، فایبر گلاس، فیبر نوری و شیشه جام می‌باشند. شیشه اما هنوز بیشترین کاربرد را بعنوان یک ماده اولیه جهت بسته‌بندی مواد غذایی داراست، بطوری که، نقش خود را بشکل موثری حفظ نموده است. عوامل متعددی در بکارگیری ظروف شیشه‌ای دخالت داشته و بعنوان مزایا برای آن بشمار می‌آیند که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

1- شفافیت

یکی از مهمترین مزایای ظروف و بسته‌های شیشه‌ای، شفافیت آنها است و بدین ترتیب مصرف کننده قادر خواهد بود تا قبل از خرید فراورده، محتوی آن را مورد بررسی قرار دهد و به این ترتیب ضروری است که محتویات بسته‌های شیشه‌ای استانداردهای لازم حداقل از نظر ظاهر را دارا باشند. استفاده از ظروف شیشه‌ای شفاف به تشخیص و هدایت مشتریان کمک می نماید.

شکل 1- قرابه سنتی جهت نگهداری آب لیمو،آب غوره و سرکه

در عهد پادشه جرم بخش خطاپوش
حافظ قرابه کش شد و مفتی پیاله نوش

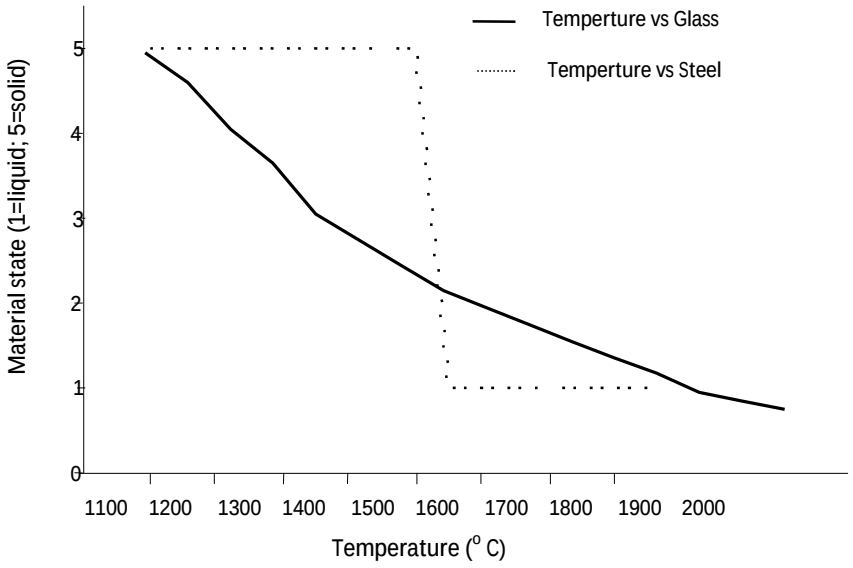
2- استحکام

گرچه شیشه یک ماده شکننده است، اما هنگامی که استحکام آن به عنوان مثال از نقطه نظر بار عمودی (head load) بررسی شود، دارای کیفیت قابل ملاحظه‌ای است. شیشه در حالتی که تحت فشار باشد نیز مقاومت بسیار خوبی از خود نشان می‌دهد، هرچند مقاومت آن به کشش چندان قابل توجه نیست. شیشه مانند یک ماده الاستیک از خود رفتار نشان می‌دهد و می‌تواند مقداری انرژی را در خود جذب نماید. این خاصیت

خصوصاً هنگامی که ظروف شیشه‌ای با ضخامت نه چندان زیاد ساخته می‌شوند از اهمیت بالایی برخوردار است. طراحی نیز عاملی خواهد بود که مقاومت به فشار را تعدیل نموده، باعث توزیع یکنواخت آن در درون ظرف خواهد شد.

3- شکل پذیری

شیشه یک ماده ترموپلاستیک است که تقریباً دارای نقطه ذوب مشخصی نمی‌باشد. تصویر شماره 2 بطور شماتیک تغییرات ویسکوزیته تحت تأثیر حرارت در مورد شیشه و فلز را نشان می‌دهد.



شکل 2- رفتار شیشه و فولاد در مقابل درجه حرارت بالا

همانگونه که ملاحظه می‌گردد فلزات ابتدا مقاومت بالایی را به درجه حرارت نشان داده و سپس سریعاً در یک درجه حرارت خاص ذوب شده و در نتیجه ویسکوزیته بشدت کاهش می‌یابد. در مورد شیشه کاهش ویسکوزیته تدریجی بوده و بدلیل همین تدریجی بودن تغییرات است که شکل‌دهی به آن توسط ابزار مناسب براحتی امکان‌پذیر می‌باشد، بگونه‌ائی که می‌توان بسته‌هایی که از نظر شکل نیز تداعی کننده محصول هستند (مثلاً عسل در بسته‌های شبیه خرس یا کندو) را تولید نمود. ظروف شیشه‌ای ظروفی میان تهی بوده و بسیار شبیه به ظروف فلزی دو قسمتی می‌باشند و از این رو فاقد هرگونه درز جانبی یا انتهایی هستند. با توجه به اینکه ایجاد شیار بر روی سطح خارجی شیشه در قسمت‌های فوقانی که جهت درب‌بندی مورد نیاز می‌باشد (finish) بسادگی میسر است، بنابراین از این نظر نیز شیشه دارای مزیت نسبی می‌باشد.

4- ترکیب شیمیایی و واکنش ناپذیری

ترکیب مواد اولیه مصرفی جهت تولید ظرف شیشه ای به گونه‌ای است که آن را به کلیه مواد غذایی اعم از جامد یا مایع و یا گاز مقاوم می‌سازد و بدین ترتیب هیچگونه پوشش داخلی مورد نیاز نمی‌باشد. تنها استثنا در این زمینه تاثیر مواد قلیایی قوی است که در البته در صنایع بسته‌بندی موادغذایی کاربرد ندارد. همچنین گاهی مواد حساس به قلیا بهتر است که در ظروف شیشه‌ای بسته بندی نگردند که این مورد هم بیشتر در مورد برخی داروها و یا فرآورده‌های خونی صدق می‌نماید. به هرروی در صورت نیاز از فرآیند سولفاته کردن جهت زدودن یون‌های سدیم از سطح شیشه استفاده می‌گردد. . بدلیل ثبات شیمیایی آنها را می‌توان بدون آنکه دچار هر نوع تخریب سطحی شوند، در یک دوره طولانی نگهداری نمود

5- مقاومت حرارتی

تمامی ظروف شیشه‌ای پس از ساخته شدن در درجه حرارت نزدیک به ذوب مجدداً حرارت داده می‌شوند (540–570 °C) تا بدین ترتیب فرآیند استرس زدایی در آنها انجام شود، از این رو می‌توان انتظار داشت که این ظروف براحتی درجه حرارت‌های پاستوری شدن، سترون سازی و حتی شوک‌های حرارتی (برنامه‌های گرم و سرد کردن) را تحمل نمایند. در این زمینه مقاومت آن را براحتی می‌توان با افزودن موادی به ترکیب اولیه شیشه مثلاً اکسید بور (boric oxide) مانند آنچه در ظروف بوروسیلیکات (با نام تجارتی pyrex) دیده می‌شود، بشکل محسوسی افزایش داد.

6- نفوذناپذیری

شیشه به تمامی گازها و بخار آب نفوذناپذیر است و بعنوان مثال نشت گاز CO_2 مصرفی جهت تولید نوشابه‌های گازدار در عمل صفر می‌باشد.

7- رنگ

هرچند اکثر ظروف شیشه‌ای بصورت بیرنگ و شفاف ساخته می‌شوند، اما می‌توان بدلایل مختلف و بسادگی رنگ شیشه را به سبز، کهربایی، شیری رنگ، قهوه‌ای و ... نیز تغییر داد. با توجه به ضرورت استفاده از رنگ در مواردی مانند بسته‌بندی شیر، ماءالشعیر و یا نوشابه‌های بدون رنگ (up-type) اهمیت تولید رنگ بیشتر آشکار می‌گردد. جهت ایجاد رنگ در شیشه، از مقادیر جزئی مواد و ترکیبات شیمیایی همچون اکسید کروم

(برای رنگ سبز)، آهن، گوگرد و کربن (جهت تولید رنگ زرد کهربایی) و اکسید کبالت (برای رنگ آبی) استفاده می‌شود. در صورتی که هدف تولید بلور یا شیشه‌های بدون رنگ باشد رنگ برهایی مانند سلنیوم، نیکل و کبالت به خمیر شیشه اضافه می‌گردد.

8- قابل برگشت بودن

در این زمینه هزینه‌های اقتصادی نقش مهمی را ایفا می‌نمایند، هرچند نیازمند وجود سیستم‌های جمع‌آوری و حمل و نقل مناسب است. علاوه بر این در بحث ساخت شیشه به اثری که استفاده از خرده شیشه (cullet) در کاهش موثر مصرف انرژی دارد نیز اشاره خواهد شد.

9- قابلیت استفاده مجدد

در بسیاری موارد حتی اگر ظروف قابل برگشت نباشند، می‌توان از آنها مجدداً استفاده نمود آنچنان که در منازل بشکل گسترده‌ای معمول است. برخی از تولیدکنندگان گاهی بسته‌های شیشه‌ای را بگونه‌ای طراحی می‌کنند که با خرید محصول، نوعی جایزه نیز نصیب مشتریان خواهد شد. مثال در این مورد بسته‌بندی شکلات‌های صبحانه‌ای و یا عسل در بسته‌های لیوانی شکل است. این نکته را هم می توان افزود که با توجه به ایمن بودن شیشه، استفاده از این ظروف در مایکروویو به منظور گرم کردن مجدد بلامانع می باشد.

- ساخت ظروف شیشه‌ای و نکات مهم مربوط به آن

1- مواد اولیه

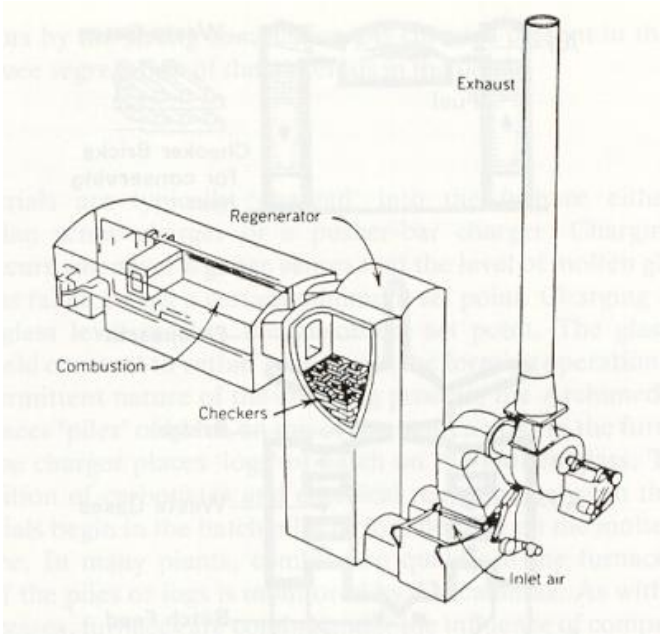
مهم‌ترین ماده مصرفی در تهیه شیشه مذاب و شکل‌دهی آن، سیلیس (Sio_2) می‌باشد که ترکیب عمده شن و ماسه بحساب می‌آید که بطور طبیعی 99 درصد آن را Sio_2 تشکیل می‌دهد. بر حسب مقدار ناخالصی موجود در شن و رنگ شیشه مورد نظر، تصفیه شن صورت می‌گیرد. در صورتی که سیستم برگشت شیشه‌های مظروف به کارخانه وجود داشته باشد، دومین منبع مهم را همین شیشه‌ها و یا خرده شیشه تشکیل می‌دهد. بخشی از این خرده شیشه مربوط به ظروفی است که در حین کنترل کیفی مردود شده و مجدداً باید ذوب شوند. دو جزء بعدی و مهم، کربنات سدیم (Na_2Co_3) و سنگ آهک ($CaCo_3$) هستند. این دو ترکیب در فرآیند ذوب دمای ذوب را کاهش داده و تولید مقادیر زیادی گاز دی‌اکسیدکربن می‌نمایند که در حین حرارت دادن خارج می‌گردد و همراه خود حباب‌های هوا را خارج می‌نماید. آلومینا (AL_2O_3) هم هرچند نه در حد وسیع در فرمول

وجود دارد. عمل اصلی آن بهبود و افزایش پایداری شیمیایی شیشه است. از مواد کمکی جهت افزایش سرعت ذوب و خارج کردن گاز می‌توان استفاده نمود چراکه در غیر اینصورت درجه حرارت‌های بسیار بالا و زمانهای طولانی مورد نیاز خواهد بود تا حباب‌ها کاملاً خارج شوند. از جمله این مواد می‌توان به ترکیبات سولفاته یا سولفیدی اشاره نمود. در مورد رنگ، نکته حائز اهمیت آن است که تغییر رنگ از نوعی به نوع دیگر فرآیندی بسیار زمان‌بر می‌باشد و معمولاً تا 36 ساعت بطول می‌انجامد. امروزه برای غلبه بر این مشکل بجای افزودن مواد رنگی در کوره، آن ها را در پیشانی کوره (forehearth) که کوره را به دستگاه تولید ظروف شیشه‌ای متصل می‌کند، اضافه می نمایند، هر چند با توجه به این که کوره اصلی، حاوی شیشه مذاب بی رنگ است، بنابراین نمی‌توان ضایعات شیشه رنگی که بدین ترتیب ساخته شده را به کوره بازگرداند. انتقال مواد خام به درون کوره به دو روش استفاده از مارپیچ ارشمیدسی و یا تیغه‌های عمودی متحرک (مانند آنچه در قسمت جلویی یک بولدوزر دیده می‌شود)، انجام می‌گیرد. معمولاً مارپیچ، مواد را بصورت تپه‌ای (pile) وارد کوره می‌کند، حال آنکه ورود مواد توسط تیغه الوار مانند (log) خواهد بود. در هر صورت تجزیه ترکیبات کربناته و انجام برخی از واکنشهای شیمیایی در بدو ورود مواد اولیه و هنگامی که بصورت شناور بر روی توده مذاب قرار می‌گیرند، صورت خواهد گرفت.

2- کوره و تجهیزات وابسته به آن

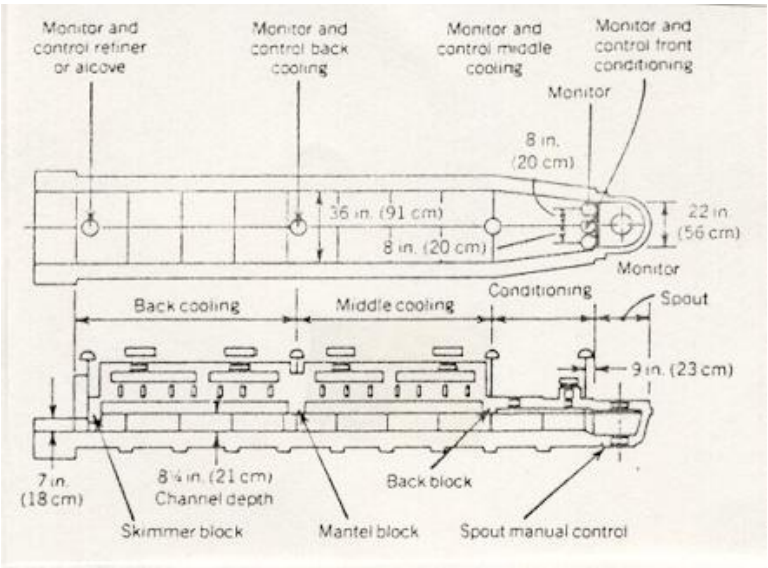
کوره معمولاً مستطیل شکل و تا ظرفیت 400 تن ساخته می‌شود و از یک طرف مواد اولیه وارد و از انتهای دیگر آنها شیشه مذاب خارج خواهد شد. درجه حرارت کوره تا 1500 درجه سانتی‌گراد می‌رسد، هرچند که در صورت استفاده از شیشه‌های بازیافتی (recycled) و یا خرده شیشه (cullet) می‌توان درجه حرارت را بین 300 تا 400 درجه سانتی‌گراد کاهش داد. دیواره کوره از قطعات بسیار بزرگ سیلیس ساخته شده‌اند که قابلیت انعکاس حرارتی بالایی دارند. در ترکیب آنها و برای افزایش مقاومت، از آلومینا و اکسید زیرکونیوم نیز استفاده شده است. هر کوره از دو بخش تشکیل شده است که بوسیله یک قسمت شبیه به گلو شتر (depressed throat) به یکدیگر متصل هستند. در قسمت اول مواد ورودی به صورت مذاب درآمده و ناخالصی‌ها رسوب می‌نمایند. شیشه مذاب تحت تاثیر حرکت رانشی و از طریق شتر گلو از قسمت اول (پیش کوره) به قسمت دوم یا محفظه کار (working chamber) وارد می‌شود. هدف عمده از تعبیه بخش دوم در کوره اولاً تهیه شیشه مذاب با

خلوص بالا و ثانیاً کاهش اندک درجه حرارت است بگونهای که بتوان در مراحل بعدی شیشه مذاب را براحتی وارد ماشین‌های ساخت شیشه نمود.سطح فوقانی کوره از قطعات سیلیسی خالص و بصورت مشبک (checkers) و هلالی شکل ساخته می‌شود تا ضمن انعکاس حرارت به سطح توده مذاب شیشه، به خروج گازها نیز کمک نماید. در کوره‌ها بخشی به نام «بازیاب حرارتی» (regenerator) قرار دارد که وظیفه آن بازیافت حرارت خروجی از کوره و بازگرداندن آن به کوره می‌باشد. (شکل 3) شیشه کاملاً مذاب همانگونه که ذکر شد به پیشانی کوره (forehearth) وارد می شود که خود از دو قسمت خنک کننده پشتی و میانی و یک بخش مشروط کردن (conditioning) تشکیل شده است (شکل 4). در قسمت خنک کننده پشتی، کف‌گیری و خروج حباب‌ها نیز صورت می‌گیرد، زیرا که هنوز درجه حرارت توده خمیری شکل شیشه بالا می‌باشد. با عبور توده از این قسمت‌ها، درجه حرارت باز هم کاهش یافته تا در نهایت وارد بخش دیگری بنام سیستم توزیع (feeding distribution system) گردد که شامل یک تا چهار بخش حلقوی شکل از جنس سرامیک است



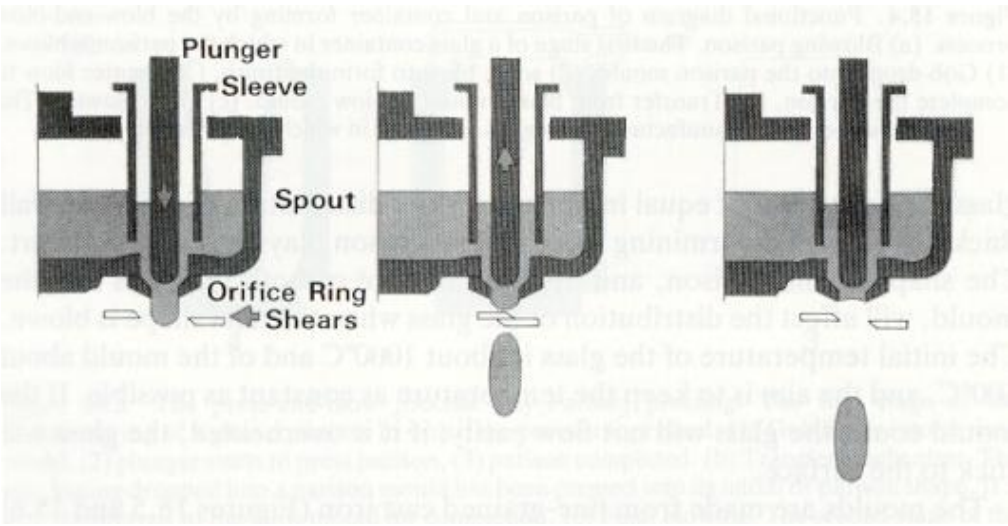
شکل 3-ساختمان کوره ذوب شیشه

. این سیستم در انتهای پیشانی کوره قرار گرفته است. در همین قسمت است که کار تشکیل لقمه (gob) توسط پیستونهایی که بصورت عمودی رفت و برگشت انجام می‌دهند، صورت می‌گیرد (شکل 5).

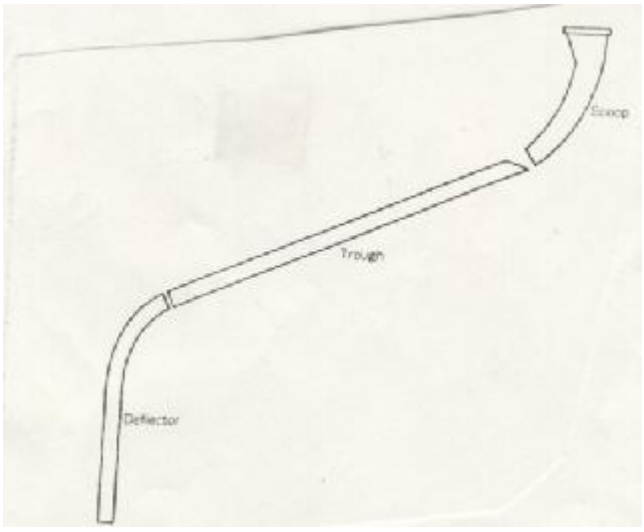


شکل 4- نمای کناری و از بالای دستگاه پیشانی کوره

این لقمه‌ها (که برحسب اندازه ظرف، دارای حجم و وزن متفاوتی می‌توانند باشند) توسط قیچی‌های افقی (shears) بریده شده وارد ناودان (scoop) می‌شوند. ناودان از طریق یک بخش میانی (through) و یک منحرف کننده (deflector) (شکل 6) به ماشین‌های شکل دهنده لقمه (Individual – seetion glass forming machine یا Is machine) متصل می‌شود.



شکل 5-نحوه تولید لقمه شیشه و برش آن توسط قیچی

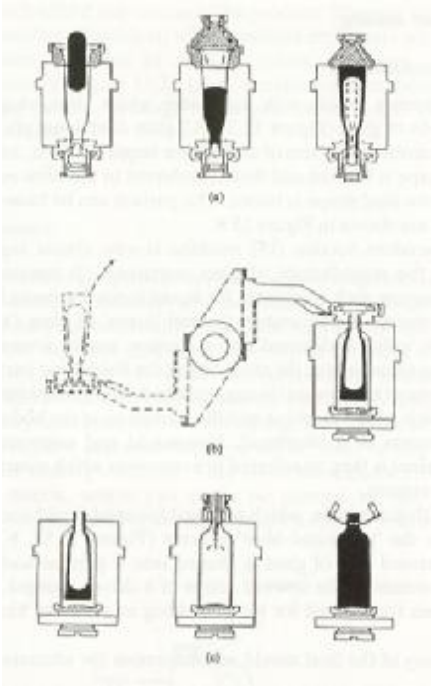


شکل 6-ناودان مخصوص حمل لقمه به قالب

3- شکل‌دهی

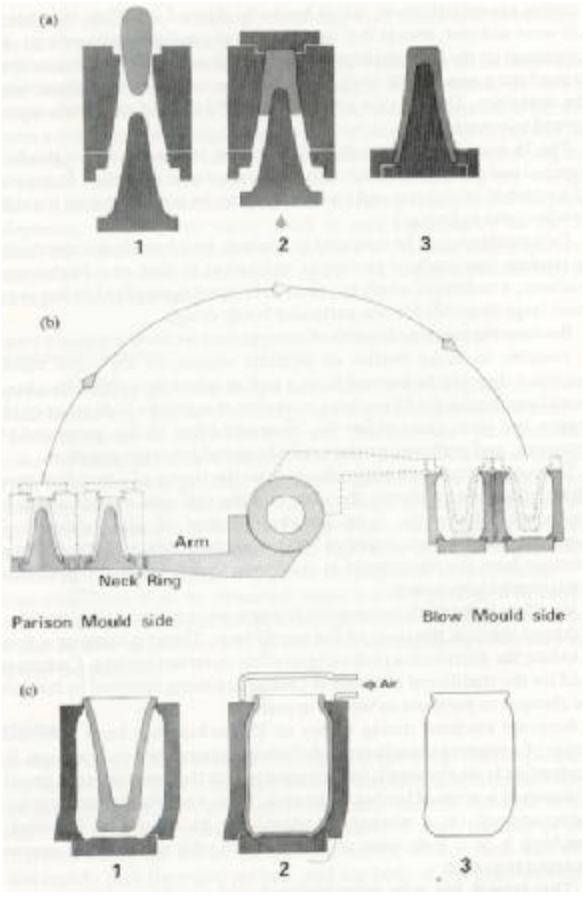
بخش شکل‌دهی بگونه‌ای طراحی شده است که بتواند لقمه‌های استوانه و خمیری شکل را به ظروف میان تهی تبدیل نماید. این فرآیند از دو نوع سیستم که هر کدام از دو مرحله تشکیل شده است، جهت شکل‌دهی استفاده می‌نماید. در مرحله اول تبدیل لقمه به یک ظرف اولیه به نام parison است که در مرحله بعد این ظرف اولیه تبدیل به مظروف نهایی خواهد شد. دو سیستمی که جهت تولید ظروف شیشه‌ای مصرفی جهت بسته‌بندی بکار می‌روند شامل روش دمیدن و دمیدن (blowing and blowing) است که از آن جهت تولید ظروف دهانه تنگ استفاده می‌شود و دیگر روش پرس کردن و دمیدن (pressing and blowing) می‌باشد که از آن برای تولید ظروف دهانه گشاد بهره گرفته می‌شود. در هر دو حالت ماده اولیه تکه (lump) و یا لقمه (gob) است که در مرحله اول توسط جریان هوا و یا یک سمبه (plunger) به شکل یک جسم میان تهی که تا حدودی شباهت به یک مظروف دارد در می‌آیند و سپس در مرحله بعد با استفاده از دمیدن به شکل نهایی تبدیل خواهد شد. در سیستم اول پس از آنکه قالب که شامل دو نیمه مجزا از هم می‌باشد بسته شد لقمه از بالا وارد قالب می‌گردد. در این مرحله قالب به صورت واژگون قرار دارد، بگونه‌ایی که قسمت فوقانی مظروف در پایین قرار گرفته است. پس از آنکه لقمه کاملاً در انتهای قالب قرار گرفت، ضمن آنکه مرحله تشکیل finish صورت می‌گیرد، از بالا قالب بسته می‌شود. سپس هوا به درون لقمه دمیده شده تا شکل اولیه (parison) بدست آید. آنگاه، قالب همراه با parison به صورت «سرپا» در آمده و مجدداً در آن دمیده می‌شود تا شکل نهایی

بدست آید. (شکل 7) در انتها قالب باز شده ظرف خارج خواهد شد (شکل 8). در سیستم دوم، در مرحله اول، کار تبدیل لقمه به یک جسم میان تهی اولیه را یک سمبه بعهده دارد. این ظرف اولیه و میان تهی پس از آنکه بصورت «سرپا» قرار گرفت توسط جریان هوا به شکل نهائی که عموماً یک ظرف دهانه گشاد است درخواهد آمد. (شکل 9) نکته مهم در هر دو سیستم تنظیم درجه حرارت است بگونه‌ایی که درجه حرارت لقمه در بدو ورود حدود 1000 درجه سانتی‌گراد و قالب‌ها حدود $500^{\circ}C$ باشد درجه حرارت‌های کمتر باعث می‌شود تا شیشه بخوبی قابلیت شکل‌پذیری نداشته باشد و درجه حرارت‌های بالاتر هم باعث می‌شود تا لقمه به سطوح بچسبد و یا بعد از شکل گیری تقارن خود را از دست بدهد. قالب‌ها از استیل ضد رنگ ساخته می‌شود و کاملاً سطح آنها صیقلی و صاف است ولی بهرحال، به مرور زمان دچار فرسایش شده و باید تعویض گردند. این امر خصوصاً در مواردی مانند اندازه و قطر بدنه و finish و نیز دو محل اتصال قالب‌ها به یکدیگر بسیار اهمیت دارد. نکته جالبی که در ماشینهای IS (که به آنها Independent machine هم گفته می‌شود) وجود دارد آن است که می‌توان بصورت همزمان چند نوع قالب را با اندازه‌های متفاوت بر روی آن نصب نمود البته با این فرض که همه محصولات نیازمند لقمه‌ایی با یک وزن مشخص باشند.



شکل 7- شمای روش دمیدن و دمیدن جهت تولید بطری

شکل 8- قالب بطری باز شده



شکل 9- شمای روش پرس کردن و دمیدن جهت تولید جار (ظروف دهانه گشاد)

4- استرس زدایی (Annealing)

هنگامی که بطری یا ظرف شیشه‌ای از قالب خارج شد، درجه حرارت آن حدود $450\ ^{\circ}C$ است. اگر به آن اجازه داده شود که بخودی خود سرد گردد، در این حالت تفاوت سرعت انقباض در بخش‌های مختلف

شیشه باعث بوجود آمدن نوعی استرس در آن خواهد شد بگونه‌ایی که مظروف از ثبات کافی برخوردار نیست. این امر از آن رو اتفاق می‌افتد که اصولاً شیشه هادی حرارت خوبی نیست. با توجه به اینکه گرما در شیشه باقی می‌ماند، سطح داخلی دیواره ظرف با سرعت کمتری نسبت به سطح خارجی خنک خواهد شد و حتی بدنه شیشه در میان دو سطح دیرتر خنک می‌گردد. بنابراین لازم است به نوعی سرعت خنک کردن و انقباض ناشی از آن در شیشه تا سرحد امکان به شکل یکنواختی باشد. برای انجام این امر، ظروف ساخته شده به ماشین دیگری به نام ماشین استرس زدایی لِر (Lehr)، که در واقع نوعی تونل طویل است منتقل می‌شوند. در این تونل درجه حرارت به حدود $600^{\circ}C$ می‌رسد و سپس به تدریج عمل خنک کردن صورت می‌پذیرد (شکل 10). طول تونل حدود 40 متر است و درجه حرارت در انتهای آن به حدود 35-30 درجه سانتی‌گراد خواهد رسید.

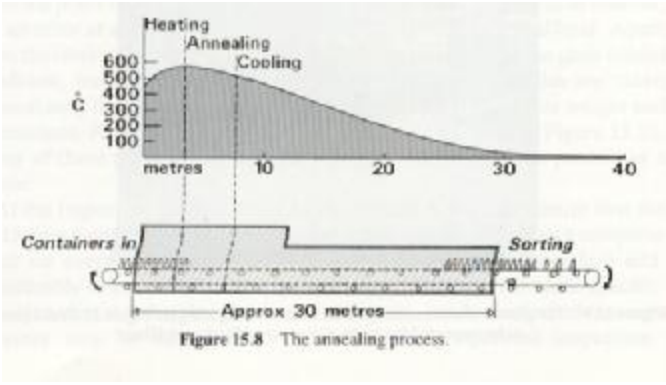


Figure 15.8 The annealing process.

شکل 10- پروفیل طول و درجه حرارت در دستگاه استرس زدایی لر

5- آزمون‌ها

ظرف شیشه‌ای ساخته شده از چند نقطه نظر باید مورد بررسی قرار گیرد. ارتفاع، قطر بدنه (و یا ابعادی که در ظروف غیر استوانه‌ایی مطرح هستند) و بالاخره finish از آن جمله‌اند. برای کسانی که این ظروف را جهت بسته‌بندی محصولات خود با استفاده از دستگاههای پرکن و درب بند، بکار می‌برند، تغییرات شدید در هر یک از ابعاد گفته شده می‌تواند مشکلات فراوانی را بوجود آورد. حفره درون قالب‌ها معمولاً بصورت متقارن و یکدست دچار فرسایش نمی‌شود. این تفاوت در فرسایش سطح قالب که از آن تحت عنوان «بیضی شکل‌شدن» (ovality) یاد می‌گردد، باعث پدیدار شدن تفاوت در بین محورها خواهد شد. خارج شدن از «حالت عمودی» (verticality) نیز که رابطه بین مرکز بطری در finish با مرکز همین بطری در پایه (base) بطری است از دیگر مواردی است که خصوصاً در بطری‌های بلند دارای اهمیت بوده و در صورت عدم تقارن

می‌تواند مشکلاتی را به هنگام قرار گرفتن بطری در زیر پرکن بوجود آورد. موضوع ظرفیت و گجایش ظروف هم از جنبه‌های قانونی دارای اهمیت است و باید کاملاً کنترل شود و در این حالت از «آزمون انبوه» (bulk test) استفاده می‌شود. بدین شکل که حجم داخلی تعدادی ظرف اندازه‌گیری شده و سپس میانگین آنها با استاندارد مقایسه می‌شود.

6- استرس‌ها

ظروف شیشه‌ای ساخته شده در نهایت به کارخانه‌های بسته‌بندی مواد غذایی وارد می‌شوند تا از آنها جهت بسته‌بندی استفاده شود. در این کارخانه‌ها نیز ظروف با یکسری استرس‌ها یا فشارها مواجه می‌باشند که مهمترین آنها عبارتند از:

الف: فشار داخلی (مثبت یا منفی)

در محصولاتی که تحت فشار یا تحت خلا بسته‌بندی آنها در ظروف شیشه‌ای انجام می‌گیرد دیده می‌شود. در یک بطری فشار داخلی عمدتاً باعث بروز استرس‌های محیطی (محیط ظرف) و طولی خواهد شد. در بخش استوانه‌ای، استرس محیطی (S) بستگی به قطر بطری (d)، ضخامت شیشه (t) و فشار وارده (p) دارد و می‌توان آن را به شکل ذیل محاسبه نمود.

$$S = \frac{p}{2t}$$

فشار طولی معمولاً نصف فشار محیطی خواهد بود. در بخش‌های غیر استوانه‌ای معمولاً بدلیل تفاوت در *ضخامت و تغییرات شدید انحناها، از معادله‌های پیچیده‌تری باید استفاده نمود.*

ب: استرس‌های ناشی از بار عمودی

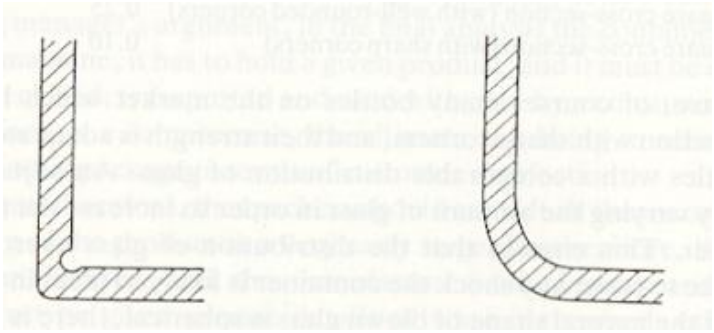
بواسطه روی هم چیدن ظروف و یا به هنگام دربندی (طشتک زنی) ایجاد می‌شود. این نیروها بیشتر به نواحی شانه و پاشنه ظروف وارد می‌شود. معمولاً این نوع استرس را می‌توان با طراحی مناسب کم نمود. از جمله می‌توان تفاوت مابین قطر بدنه و قطر گردن را کاهش داد که در واقع افزایش شعاع شانه ظرف را در بر خواهد داشت. همچنین می توان تفاوت قطر بدنه و قطر سطح اتکا ظرف (bearing surfac) را نیز کم نمود.

ج: استرس‌های تماسی و ضربه‌ای

این نوع استرس‌ها هنگامی ایجاد می‌شوند که ظروف به یکدیگر یا به شیئی دیگری برخورد و اصابت نمایند و بیشتر به هنگام پرکنی، حمل و نقل و مصرف رخ می‌دهد. برای رفع آن استفاده از پوشش ثانویه می‌تواند مفید باشد.

د: استرس ناشی از شوک‌های حرارتی

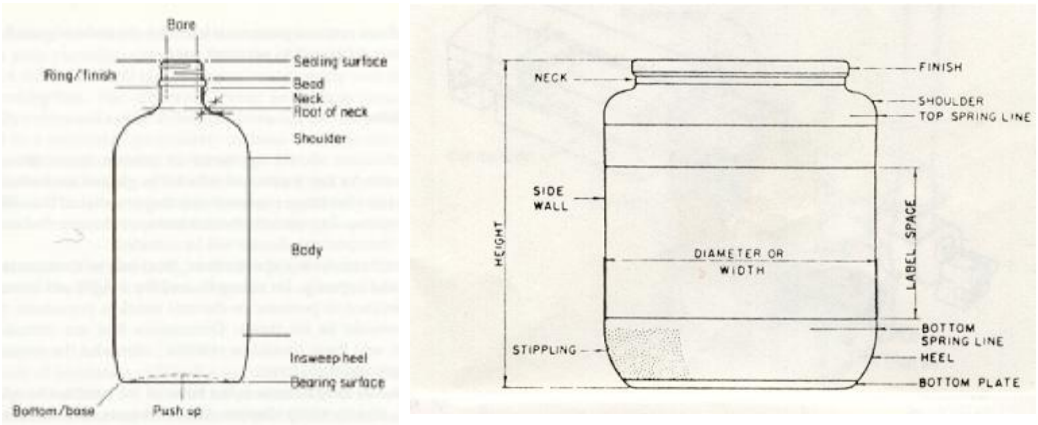
که به هنگام تغییرات سریع حرارتی مثلاً در پاستوریزه شدن و یا پرکردن محصول به صورت گرماگرم (hot filling) دیده می‌شود. این نوع استرس‌ها را می‌توان با محدود نمودن تفاوت درجه حرارت در قسمتهای سرد و گرم، کاهش ضخامت شیشه و اجتناب از ایجاد زوایای تند در ساختار شیشه خصوصاً در قسمت پاشنه (thin spot) از بین برد و یا کاهش داد. (شکل 11).



شکل 11- تاثیر شکل زوایا بر استحکام ظروف شیشه ای

7- واژه شناسی ظروف شیشه‌ای

ظروف ساخته شده از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده‌اند که آشنایی با آنها می‌تواند در بخش‌های طراحی‌های جدید و یا مقابله با استرس‌ها، مفید واقع شود. شکل 12، این قسمت‌ها را در بطری و جار نشان می‌دهد.



شکل12- بخش های مختلف یک ظرف شیشه ای

8- تیمارهای سطحی

از این تیمارها باعث بهبود خواص شیشه خصوصاً از نظر ظاهر و افزایش مقاومت به ضربه می‌شود.

الف: تیمار گرم

معمولاً پس از تولید، شیشه دارای ترک‌های ریز (microcracks) در سطح خود است که می‌تواند باعث آسیب‌پذیری شیشه شود. با اسپری نمودن محلولی از یک فلز همراه با مواد آلی بر روی سطح ظروف شیشه‌ائی به هنگامی که سطح آنها هنوز داغ است، می‌توان از پیدایش این ترک‌ها جلوگیری نمود. معمولاً از ذرات بسیار ریز قلع و یا ترکیبی چون تیتانیوم تتراکلراید استفاده می‌شود.

ب: تیمار سرد

در این حالت، امولسیونی از انواع مومها و یا روغن‌ها بصورت سرد بر روی شیشه پاشیده می‌شود. این عمل را می‌توان در قسمت‌های انتهایی ماشین لر انجام داد.

ج: پوشش با ترکیبات پلی‌مری

ابتدا PVC و بعد پلی‌اتیلن بویژه در مورد شیشه‌های نوشابه گازدار بکار گرفته شد، اما به دلیل مشکلاتی که وجود داشته اکنون توجه به استفاده از رزین‌های یونومری معطوف شده است. علاوه بر این موارد استفاده از «sleeves» (پوشش آستین مانند)که گرداگرد بسته شیشه‌ای قرار می‌گیرد، نیز معمول می باشد (شکل 13).

شکل 13-دو نوع Sleeve مناسب برای ظروف شیشه ایی

9- کاهش وزن شیشه

تلاش زیادی بعمل آمده است تا از وزن ظروف شیشه‌ای کاسته شود. این کاهش علاوه بر مصرف کمتر مواد اولیه، باعث صرفه‌جویی در هزینه‌های حمل و نقل نیز خواهد شد. البته توجه به طراحی و نحوه انتقال

حرارت می‌تواند راهگشا باشد. کاهش ضخامت هرچند آسیب‌پذیری را افزایش می‌دهد اما در عین حال با توجه به اینکه در نحوه تعامل شیشه و حرارت اثر مثبتی دارد، می‌تواند باعث افزایش ثبات آن گردد. انجام تیمارهای شیمیایی مانند آنچه در ژاپن تحت عنوان CST (chemical strengthening treatment) صورت می‌گیرد نیز مورد توجه می‌باشد. همچنین توجه به نیروی کشش شیشه که در عمل بین 700 تا 1400 کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است و بنابراین انتخاب وسایل درب‌بندی در محدوده فوق، همگام با کاهش ضخامت توصیه می‌گردد.

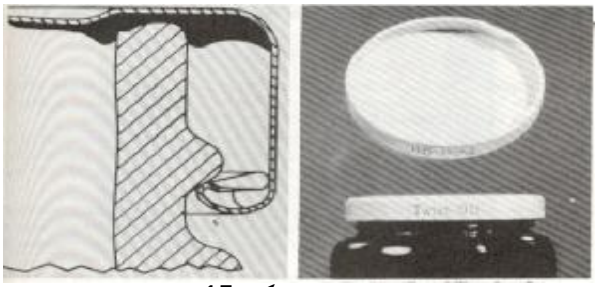
10- درب ظروف شیشه ایی

همانگونه که ذکر شد، ظروف شیشه‌ای در دو نوع دهانه گشاد یا جار و دهانه تنگ یا بطری ساخته می‌شوند. در هر دو مورد استفاده از درب که محکم بر روی شیشه قرار گیرد ضروری می‌باشد. این درب‌ها بطور کلی از جنس فولاد قلع‌اندود یا آلومینیوم ساخته شده که در قسمت داخلی دارای پوششی که معمولاً نوعی ترکیب پلاستیکی مثلاً PVC و یا سایر مواد پلی‌مری است، می‌باشد. برای آنکه درب‌بندی به شکل محکمی انجام شود از روشهایی مانند فشار دادن، پیچیدن، چرخاندن و مانند آنها استفاده می گردد. درب‌ها ممکن است به صورت تاجی شکل، لبه‌دار و چرخشی دیده شوند.

الف: درب ظروف دهانه گشاد:

دو نوع درب guard–seal و tamper–seal از انواعی هستند که به شکل گسترده‌ایی از آنها در مواردی که محصول تحت خلاء عرضه می‌شود، استفاده می‌شود. در این نوع درب‌بندی نوعی قسمت یقه مانند، لبه‌های درب و بخشی از شانه ظرف را می‌پوشاند. (شکل14). از درب‌های لبه‌دار (lug cap) نیز برای بسته‌بندی میوه‌ها و سبزیها، ترشی‌ها، مرباها، ژله‌ها، آب‌میوه‌ها و مانند آنها استفاده می‌شود.

شکل 14- درهای نوع Guard–Seal



شکل15- در از نوع Twist off

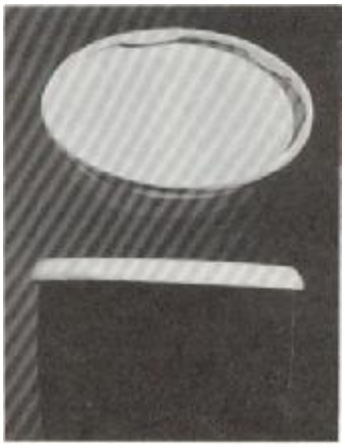
به این نوع درها twist-off هم گفته می‌شود. شکل 15 این نوع در را نشان می‌دهد. نوع دیگری از همین در press–on twist off نام دارد که بدون واشر بوده و با فشار لبه در بر روی finish ظرف شیشه‌ائی درگیر

می‌شود (شکل16). در لیوانی که مخصوص ظروف لیوانی شکل است و در آن از تعداد بیشتری لبه (lug) برخوردار است، نیز از همین دسته محسوب می‌شود (شکل 17.).

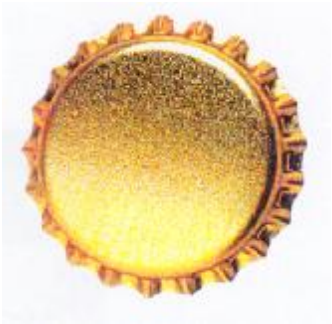
ب: در ظروف دهانه تنگ

این درها به دو دسته قابل بسته شدن مجدد و غیرقابل بسته شدن مجدد تقسیم می‌گردند. در حالت دوم در اصطلاحاً crown یا تاج نامیده شده و معمولاً از جنس فولاد قلع اندود است. این درها دارای لبه کنگره‌دار (fluted–skirt) بوده که بعد از قرار گرفتن بر روی دهانه بطری، بدور finish جمع (crimp) می‌شوند (شکل18).

شکل16- در از نوع Press–on twist off

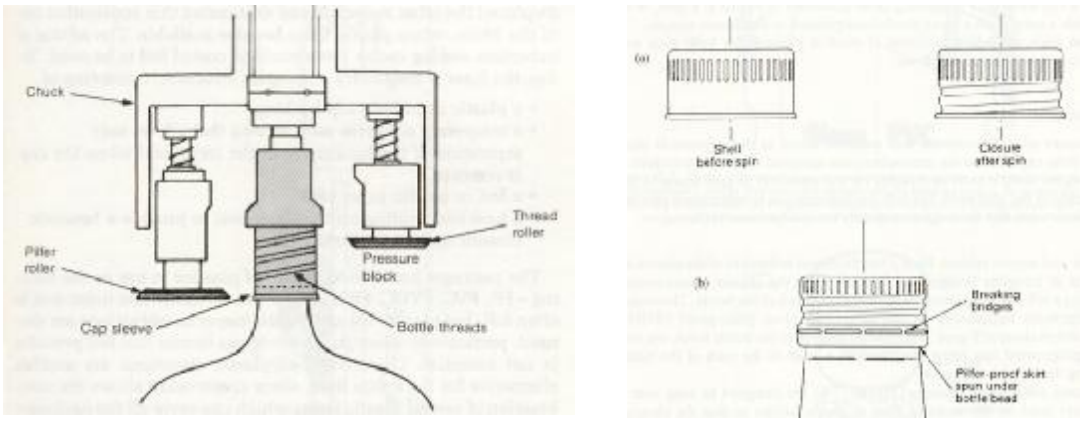


شکل17 –در ویژه ظروف لیوانی



شکل 18-تصویر کراون قبل از درب بندی

امروزه نوعی از آن به نام easy–open twist–off crown به بازار عرضه شده که بر روی آنها نوعی شیار (thread) دیده می‌شود بگونه‌ای که به آنها امکان باز و بسته شدن مجدد را می‌دهد. درب‌های بطری که قابل بسته شدن مجدد هستند عموماً از جنس آلومینیوم بوده و به صورت roll–on بسته می‌شوند. مهم‌ترین انواع آنها با قطر 26 و 28 میلی‌متر است ولی انواعی با قطر 40 میلی‌متر نیز ساخته می‌شود. این نوع درها فاقد شیار متناسب با finish هستند و پس از آنکه بر روی دهانه بطری قرار گرفتند، بر اثر فشار در بند شیار متناسب با finish بر روی آنها ایجاد می‌شود (شکل19).



شکل 19- درب بند که با فشار شیارروی شیشه را بر روی درب حک می کند

این نوع درها دارای نواری نازک در بخش پایینی هستند که با پل‌هایی به درب اتصال دارند و نقش ضد ناخنک زدن (tamperproof or pilfer–proof) را بعهده دارند. تمامی درهای ظروف دهانه تنگ نیز از داخل با لایه‌ای از مواد پلی‌مری مانند PVC پوشیده شده‌اند. به این لایه‌ها liner یا آستری گفته می‌شود. آخرین نکته درباره در ظروف آن است که این وسیله بخشی از بسته است و باید از جمیع جهات با آن هماهنگ باشد و تحت هیچ شرایطی با محتویات واکنش ندهد.

فصل چهارم: آلومینیوم

مقدمه

آلومینیوم از فلزاتی است که جهت ساخت ظروف بسته‌بندی به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آن همچنین بصورت ورقه‌های نازک (foil) و یا لوله‌های قابل جمع شدن نیز استفاده می‌گردد. آلومینیوم عنصری نقره‌ای رنگ است که خاصیت چکش‌خواری و لوله شدن بسیار خوبی دارد. وزن مخصوص پائین، قدرت انعکاس نور، مقاومت به اکسید شدن از دیگر مزایای این عنصر می‌باشند. آلومینیوم سومین عنصر فراوان در پوسته زمین است که همواره بصورت ترکیب با سایر عناصر وجود داشته و بصورت املاحی مانند بوکسیت، کوراندوم (corundum)، تورکوییز (turquoise)، اسپانیل (spinel)، کائولین (kaolin)، فلدسپار (feldspar) و میکا (mica) دیده می‌شود. بوکسیت (bauxite) اقتصادی‌ترین منبع جهت تولید این عنصر می‌باشد. بوکسیت حاوی تا 60 درصد آلومینا که نوع هیدراته (آب‌دار) اکسید آلومینیوم می‌باشد، است. معمولاً از هر 4 کیلوگرم بوکسیت حدود 1 کیلوگرم آلومینیوم بدست خواهد آمد.

1-فرآیند تولید آلومینیوم

برای تهیه آلومینا، بوکسیت در مجاورت سود سوزآور در معرض حرارت بالا قرار می‌گیرد در نهایت ترکیبی سفیدرنگ با ظاهری شبیه به آرد بدست خواهد آمد. در فرآیند تبدیل آلومینا به آلومینیوم، ابتدا آلومینا در کرایولیت (cryolite) یا فلوئور مضاعف سدیم و آلومینیوم حل می‌شود. این عمل در ظروف فولادی که دیواره آنها با کربن پوشیده شده است انجام می‌گیرد. با ورود آند زغالی (کربنی) به درون محلول جریانی معادل 50000-150000 آمپر بین این آند و دیواره کربنی ظرف فولادی (پاتیل)، برقرار می‌شود. این جریان الکتریکی، مولکولهای آلومینا را احیا کرده و تبدیل به آلومینیوم و اکسیژن می‌نماید. اکسیژن با کربن آند ترکیب شده تولید CO_2 می‌نماید و آلومینیوم که سنگین‌تر از کرایولیت است در کف پاتیل ته‌نشین می‌گردد.

2- ورقه‌های آلومینیومی

آلومینیوم تهیه شده و مذاب با خلوص 99/5-99/2 درصد سپس وارد قالب شده (ریخته‌گری) بصورت تختال (slab) با طول حدود 6 متر و ضخامت حدود 7 میلی‌متر در می‌آید. این تختال پس از ورود به غلطک‌های گرم و از ضخامت حدود 7 میلی‌متر تبدیل به نواری با ضخامت 0/6 میلی‌متر خواهد رسید. در

مرحله بعد ابتدا عمل استرس‌زدایی (annealing) بر روی آن انجام گرفته و سپس چهار بار از غلطک‌های سرد عبور داده می‌شود تا ضخامت آن به 0/037 میلی‌متر برسد و در نهایت پس از آنکه مجدداً و توسط غلطک‌هایی، ضخامت آن به 0/007-0/002 میلی‌متر رسید، مجدداً استرس‌زدایی می‌گردد. از نازک‌ترین ورقه‌های تولید شده در بسته‌های قابل انعطاف استفاده می‌شود. ورقه‌های ضخیم‌تر (0/1 تا 0/2 میلی‌متر) جهت تولید قوطی بکار گرفته می‌شود. استفاده از غلطک‌های سرد جهت کاهش ضخامت اگر همراه با استرس‌زدایی نباشد باعث می‌گردد تا آلومینیوم شکننده گردد که اصطلاحاً به آن hard-temper (h-temper) گفته می‌شود و در مواردی که انعطاف پذیری مورد نیاز است مناسب نیست، هرچند که از آن جهت می‌توان برای بسته‌بندی بلیستر (blister) مانند آنچه در مورد دراژه‌ها در صنایع بسته بندی موادغذایی معمول می باشد، بهره گرفت. در این موارد با فشار آوردن به دراژه از روی پوشش پلاستیکی، ورقه آلومینیومی براحتی پاره خواهد شد. معمولاً ورقه‌های آلومینیومی بسیار نازک از خلوص بالایی برخوردار هستند و میزان منیزیم و منگنز در آنها بسیار ناچیز بوده و یا اصلاً وجود ندارد. از این نوع آلومینیوم تحت عنوان سری 1000، انواع 1050، 1100 و 1235 را می‌توان نام برد که همگی جهت تولید انواع ورقه‌های نازک (ازته) و یا لوله‌های قابل انعطاف (flexible tube) بکار می‌روند. ورقه‌هایی که دارای 1/5-1 درصد منگنز (سری 3003) و همین مقدار منگنز همراه با 1/3-8/ منیزیم باشند (سری 3004) برای ساخت قوطیهای بدون درز و یا درب تاجی شکل (crown) نوشابه‌ها استفاده می‌گردد. از آلیاژهای سخت‌تر آلومینیوم که دارای درصدهای بالاتری از این دو عنصر باشند، مثلاً سری 5182 که دارای 4 تا 5 درصد منیزیم است، برای ساخت انتهای فوقانی قوطی‌ها (درب) استفاده می‌شود. جدول 1 تعدادی از این آلیاژها همراه با عناصر موجود در آنها و کاربرد هر یک را نشان می‌دهد.

جدول 1- ترکیب شیمیایی چند نوع آلیاژ پر مصرف آلومینیوم در بسته‌بندی موادغذایی

نوع آلیاژ	کاربرد(ها)	سیلیس	آهن	مس	منگنز	منیزیم	کروم	روی	تیتانیوم
1050	ورقه‌ها و لوله‌ها	0/25	0/4	0/05	0/05	-	-	0/03	0/03
1100	ورقه‌ها و لوله‌ها	0/4	0/6	0/05	0/05	-	-	0/1	-
3003	دیواره قوطی‌ها		0/7	0/05	1/5	-	-	0/10	-
3004	در بطری‌ها	0/3	0/7	0/25	1/5	1/3	-	0/25	-
5082	در قوطی‌ها	0/2	0/35	0/15	0/5	5	0/1	0/25	0/1

3- خواص ورقه‌های آلومینیومی

الف: قابلیت تشکیل ورقه‌های بسیار نازک

ب: غیرقابل نفوذ به بخار آب بگونه‌ای که در ضخامت 8/9 میکرومتر کمتر از 0/3 گرم بخار آب به ازای هر مترمربع در 24 ساعت و در درجه حرارت 38 درجه سانتیگراد، بخار آب از آن عبور می‌نماید. ضخامت 25/4 میکرومتر و بالاتر هیچگونه بخار آبی را از خود عبور نمی‌دهد و در صورتی که ضخامت ورقه به 8/9 میکرومتر رسیده، و لایه‌ای از مواد پلی‌مری بر روی آن قرار می‌گیرد نیز عملاً بخار آب از آن عبور نخواهد کرد. آلومینیوم نفوذناپذیری خوبی نیز به گازها دارد.

ج: مقاوم به خوردگی، اکسید آلومینیوم که بطور طبیعی بر روی ورقه تشکیل می‌شود به شکل قابل توجهی نسبت به خوردگی آن را مقاوم می‌نماید.

د: سازگار با موادغذایی و دارویی و آرایشی بطوری که هیچگونه مسمومیت را بوجود نمی‌آورد. هرچند اخیراً علائمی از ارتباط این عنصر با آلزایمر آشکار شده است.

ه : شکل‌پذیری آن بسیار خوب است و بسیار عالی "تا" می‌خورد (dead folding).

و: عدم جذب که در محیط آبی با ثبات رسیده است. مطالعات اخیر البته حکایت از آن دارد که مقادیر کمی از آن جذب بدن می‌گردد.

ز: مقاوم به چربی به شکلی که چربی جذب ورقه نمی‌گردد.

ح: بهداشتی بودن زیرا که با حرارت براحتی قابل استریل شدن است.

ط: فاقد هر نوع طعم و مزه است. این مزیت در قوطی‌های فولادی وجود ندارد.

ی: عدم عبور نور که در موارد متعددی از همین خاصیت استفاده می‌شود.

ک: قابلیت بهم چسبیدن که هم بواسطه خاصیت تاخوردگی خوب آن بوده و هم بدلیل ذوب مواد چسبنده پلیمری بر روی آن می‌باشد.

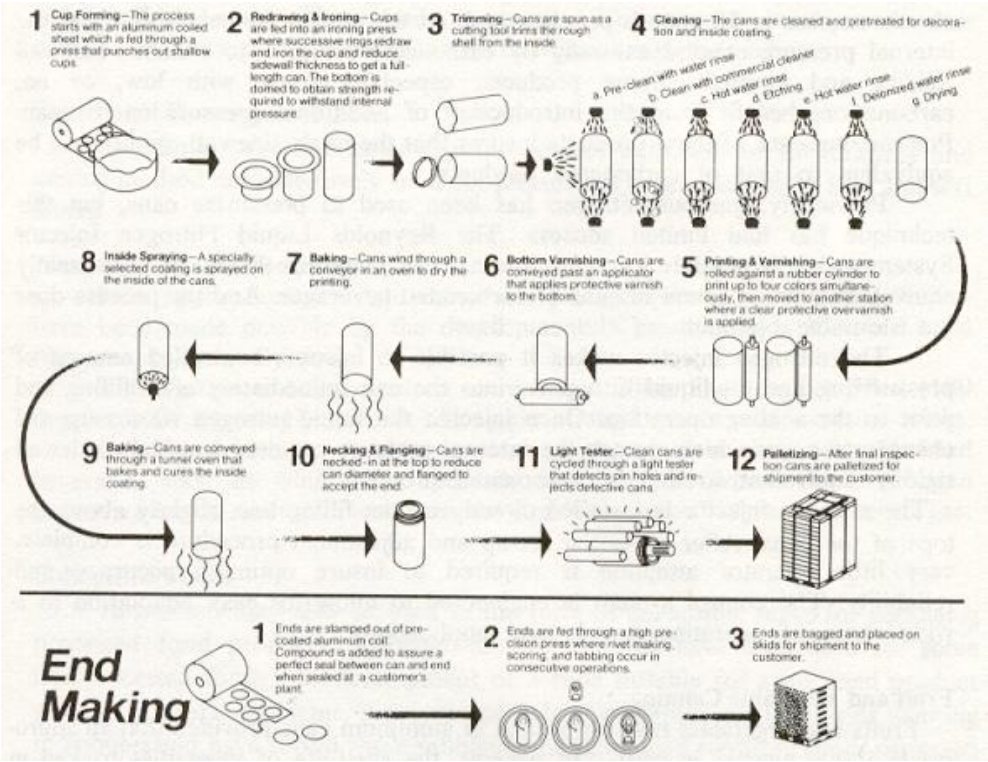
ل: فقدان خاصیت مغناطیسی و ایجاد نوعی حفاظت در مقابل جریانهای مغناطیسی.

م: آتشگیر نبودن که از آن برای جلوگیری از آتش گرفتن‌های خودبخود مواد پلی‌مری استفاده می‌شود، بدین ترتیب که در میان لایه‌های پلیمری قرار گرفته از تجمع الکتریسیته ساکن در آنها جلوگیری می‌نماید.

ن: وزن محصولات ساخته شده از آن در مقایسه با قوطیهای فولاد بسیار کمتر است و بنابراین حمل و نقل را راحتتر می‌کند.

4- قوطی‌های آلومینیومی

هرچند استفاده از ورقه آلومینیومی و تبدیل آن به قوطی سابقه بسیار طولانی دارد، اما تهیه قوطی‌های دو قسمته (که اکنون نیز نیاز بازار را به شکل وسیعی تأمین می‌کند) از حدود اواسط دهه 60 میلادی آغاز شد. این نوع قوطی‌ها صرف‌نظر از آنکه نشت در آنها بواسطه عدم وجود درز جانبی کمتر اتفاق می‌افتد، براحتی نیز قابل بازیافت بوده و بنابراین عامل بزرگی در صرفه‌جویی بشمار می‌آید. اولین قوطی‌های آلومینیومی از ورق با آلیاژ 3004 ساخته شدند و دارای ضخامت (gauge) برابر 0/495 میلی‌متر (495 میکرومتر) بوده، وزن هر هزار عدد از این قوطی‌ها بالغ بر 19 کیلوگرم می‌شد. ساخت قوطی به دو روش drawn and Ironed و یا فرآیند draw and redraw انجام می‌گیرد. در هر دو روش مراحل اولیه مشابه یکدیگر می‌باشند. ابتدا دیسک (صفحات کروی شکل) بوسیله دستگاه پرس از نوار آلومینیومی جدا می‌شود، سپس این دیسک با استفاده از یک سمبه (ram) و یا قالب (die) هیدرولیکی بصورت یک ظرف فنجانی شکل در می‌آیند. از این مرحله به بعد دو روش فوق دارای تفاوتهایی هستند. در روش اول (D&I). فنجان با فشار یک سمبه از میان یک سری از قالب‌هایی که قطر آنها رفته رفته کوچکتر می‌شود عبور داده می‌شود. بدین ترتیب بدنه ظرف کشیده شده و از ضخامت آن کاسته خواهد شد. در روش دوم (D&R-D) نیز مانند روش اول، فنجان با فشار سمبه از میان قالب‌ها عبور می‌نماید اما در حالت دوم، محیط فنجان صرفاً تا حدی که کمی از ضخامت آن کاسته شود کشیده خواهد شد. به این ترتیب ضخامت فنجان اولیه کمی بیشتر از آنچه در روش اول به دست می آید خواهد بود. پس از آنکه بدنه قوطی ساخته شد، قسمت فوقانی آن صاف شده (trimmed) و بر روی آن قلاب ایجاد می شود. شکل 1 تمامی مراحل ساخت قوطی به روش D&I را نشان می‌دهد که طی آن چند مرحله پخت لعاب‌های داخلی و یا رنگ پاشیده شده بر سطح قوطی نیز وجود داشته کنترل قوطی از نظر وجود سوراخ‌های ریز انجام می‌گیرد. امروزه اکثر قوطی‌ها دارای گردن بطرف داخل (neck-in) هستند که البته بیشتر در قوطی‌هایی که به روش D&I تهیه می‌شوند صدق می‌کند گردن گذاری بر روی قوطی باعث می‌شود تا از قطر درب کاسته گردد. درب قوطی ها هم با استفاده از پرس بصورت صفحات کروی شکل در می‌آید



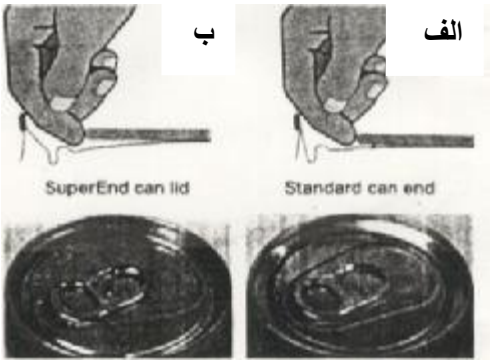
شکل 1- مراحل ساخت قوطی به روش D&I

. این صفحات وارد پرس دیگری می‌شوند که با دقت فراوان عمل «خط زنی» (scoring) را با ایجاد شیارهای کم عمق انجام می‌دهد. همزمان گیره مخصوص بر روی آن پرچ (rivetting) می گردد(شکل 2).

شکل 2-در قوطی نوشابه با گیره در رو و شیار کم عمق در پشت

گیره‌ها در ابتدا بصورت کامل جدا می‌شد و گاهی با افتادن به درون قوطی مشکلاتی را پدید می‌آورد ولی اکنون بدلیل قابل چرخش بودن کمتر این مشکل بروز می کند و پس از باز شدن در کماکان بر روی آن باقی می مانند. نوع جدیدتر این نوع گیره‌ها super end can lid نام دارد و در زیر گیره فضای کافی در نظر گرفته شده تا براحتی بتوان گیره را از جای خود حرکت داد (شکل 3). از دیگر نکاتی که در ساخت قوطی

آلومینیومی باید مورد توجه قرار گیرد خراشیده شدن قوطی در حین فرآیند ساخت است که نه تنها به قوطی آسیب می‌رساند بلکه باعث تجمع ذرات آلومینیوم بر روی دستگاهها نیز می‌شود. برای رفع این مشکل، استفاده از تجهیزات پوشانده شده با کروم و یا تفلون توصیه می‌شود.



شکل 3- گیره استاندارد (الف) و گیره های جدید(ب)

همچنین علیرغم آنکه آلومینیوم مقاومت خوبی را به خوردگی دارد، اما گاهی در مجاورت برخی از نوشابه‌ها و غذاها، ممکن است خوردگی در آن دیده شود. هرچند می‌توان مقاومت به خوردگی را با تهیه آلیاژها، افزایش داد، اما در محصولاتی چون آب میوه‌ها و نوشابه‌ها لازم است از لعاب‌هایی که سطح داخلی را می‌پوشانند نیز استفاده گردد که عموماً از مواد آلی می‌باشند.

جدول 2- لعاب های مورد استفاده جهت پوشش سطح داخلی قوطی آلومینیومی

محصول	بدنه قوطی	درب قوطی
ماءالشعیر	اپوکسی وینیل	اپوکسی وینیل
نوشابه	اپوکسی وینیل	محلول وینیل
ساردین	اپوکسی فنولی	اپوکسی فنولیک
پودینگ	فنولیک وینیل	فنولیک وینیل

5- کاهش وزن قوطی

همانگونه که ذکر شد وزن هر هزار قوطی اولیه به 19 کیلوگرم می‌رسید. این وزن اکنون کمتر از 13 کیلوگرم است. این کاهش در چند بخش صورت پذیرفته است که عبارتند از:

الف- کاهش ضخامت بخش‌های انتهایی:

با توجه به اینکه اگر این قوطی‌ها تحت فشار هستند، باید بگونه‌ایی طراحی گردند که فشارهای بالا را تحمل نمایند. در این زمینه ضخامت، ساختار و آلیاژ بخش‌های انتهایی دارای اهمیت بسیاری است. زمانی که قوطی‌ها با کف مسطح ساخته می‌شدند لازم بود که از ضخامت 419-406 میکرومتر استفاده گردد، اما اکنون

با بکارگیری طرحهای جدید مثلاً ساختار گنبدی شکل، ضخامت به 320 µm رسیده و در آینده نزدیک به ضخامت‌های حدود 250 میکرومتر نیز خواهد رسید. درمورد در همانگونه که قبلاً ذکر شد با افزایش مقدار عناصری چون منیزیم و منگنز، مقاومت آن را افزایش داده و در مقابل از ضخامت آن کاسته‌اند.

ب - *کاهش ضخامت بدنه:*

در مورد ضخامت بدنه نیز امروزه به جای ضخامت‌های 135-132 میکرومتر، اکنون قوطی‌ها با بدنه‌ای که ضخامت آن به کمتر از 114 میکرومتر رسیده تولید می‌شوند.

ج - *کاهش قطر در:*

از دیگر عوامل کاهش وزن، کم کردن از قطر در فوقانی از طریق گردن‌گذاری بر روی قوطی است. این گردن می‌تواند بصورت ساده (spin neck) و یا پلکانی دیده شود (شکل 4)

شکل4- قوطی های الومینیمی با گردن های ساده و پلکانی

امروزه تهیه قوطی‌هایی با 4 گردن معمول می‌باشد ضمن آنکه در موارد خاص تهیه قوطی با 14 گردن نیز گزارش شده است. جدول 3 اثر روشهای فوق در کاهش قطر قوطی در قسمت فوقانی را نشان می‌دهد.

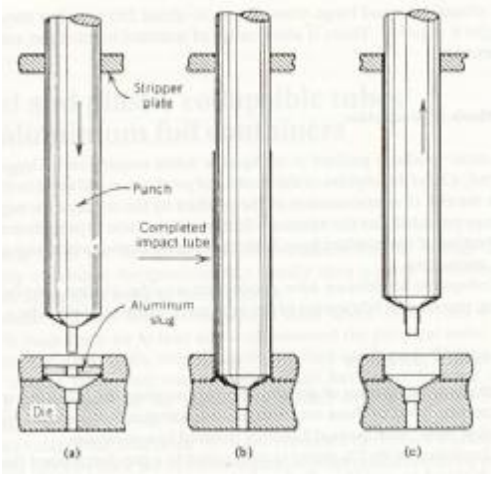
جدول 3- اثر ایجاد گردن بر قطر قوطی الومینیومی

نوع قوطی	قطر(سانتی‌متر)	ضخامت (اینچ)
اولیه	6/83	211 ($2\ ^{11}/_{16}$)
4 گردن	6/03	206 ($2\ ^{6}/_{16}$)
ساده	5/71	204 ($2\ ^{4}/_{16}$)
14 گردن	5/40	202 ($2\ ^{2}/_{16}$)

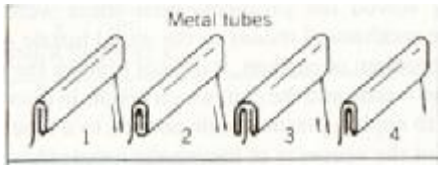
با توجه به کاهش ضخامت قوطی‌های آلومینیومی، لازم است با استفاده از روشهای گوناگون به نوعی فشار درونی قوطی افزایش یابد تا بدین ترتیب استحکام قوطی حفظ شود. در مورد قوطی‌های نوشابه گازدار این عمل با استفاده از گازکربنیک موجود صورت می‌گیرد. در محصولاتی که فاقد گازکربنیک هستند، افزودن گاز ازت از اولین راه‌حل‌هایی بود که انجام گرفت گرچه چندان با موفقیت روبرو نشد. در سالهای اخیر، تزریق گاز ازت بصورت استفاده از نیتروژن مایع و بلافاصله پس از پر کردن محصول در بسته و قبل از درب‌بندی این امکان را فراهم آورده است که به فشار برابر با فشار موجود در قوطی‌های نوشابه گازدار دست یافت. در این سیستم دستگاه تزریق مستقیماً بر روی خط پرکن کمی بالاتر از درب فوقانی قوطی‌ها نصب می‌شود.

6- لوله‌ها (تیوب‌های) آلومینیومی قابل انعطاف

از این نوع بسته‌ها، در ابتدا برای مصارفی غیر از موادغذایی، مثلاً خمیردندان استفاده می‌شد، ولی اکنون از آنها برای بسته‌بندی موادغذایی نیز استفاده می‌گردد. محصولاتی که به این روش بسته‌بندی می‌شوند نه تنها دارای عمر نگهداری بسیار خوبی هستند، بلکه استفاده از آنها بسیار راحت و آسان است، بگونه‌ای که بعنوان مثال می‌توان با قرار دادن یک قاشق پلاستیکی یکبار مصرف از آنها به شکل مناسبی جهت تغذیه کودکان و یا بیماران استفاده کرد. تولید لوله‌های آلومینیومی بسیار شبیه به ساخت قوطی‌های دو قسمته است. فرآیند به این ترتیب است که ورقه آلومینیومی نسبتاً خالص (بترتیبی که شکل‌دهی آن آسان باشد) توسط یک سمبه و قالب تحت فشار قرار می‌گیرد تا شکل اولیه بدست آید و سپس با عمل کشیدن به طول نهایی خود خواهد رسید (شکل 5). بعد از انجام trimming و حذف لبه‌های زائد برای آنکه لوله خواصی شبیه لوله‌های نرم و قابل انعطاف پیدا کند، مقداری گرم شده و از درون توسط لاک‌های اپوکسی پوشانده می‌شود. بعد از پر کردن لوله با محصول که از طریق انتهایی صورت می‌گیرد، این قسمت تاخورده و بصورت مانع در می‌آید تا یک حفاظ مناسب در مقابل آلودگیها باشد (شکل 6). عمر نگهداری محصول بعد از باز شدن بستگی به زمان و نحوه نگهداری دارد. مزیتی که این نوع بسته‌ها در مقایسه با سایر بسته ها دارند آن است که در حین استفاده حجم بسته نیز کاهش می‌یابد، بطوریکه حجم هوای در تماس با ماده غذایی کم و بیش ثابت می‌ماند. این موضوع خصوصاً در محصولات مانند سس گوجه‌فرنگی که در مجاورت هوا تیره می‌شود، کاملاً صادق می‌باشد.



شکل5- نحوه شکل دهی ورق آلومینیومی به تیوب



شکل6- نحوه انسداد بخش انتهایی تیوب

7- ظروف بسته‌های نیمه سخت و قابل انعطاف

از آلومینیوم برای ساخت چنین ظروفی نیز استفاده می‌گردد. کیسه‌های چند لایه (laminated pouches) و ظروف پِرِسی (شکل 7) از جمله این بسته‌ها می‌باشند.

شکل 7- چند نوع ظرف پِرِسی آلومینیومی

در این موارد، این امکان فراهم آمده است که با مواد پلاستیکی، کاغذ، چسب‌ها و لعاب به همراه آلومینیوم ظروف مناسبی حاصل گردد، بشکلی که حتی کیسه‌های چند لایه قابل رتورت نیز اکنون تولید می‌شود. از مزایای بسیار خوب این نوع بسته‌ها آن است که حرارت به سرعت به داخلی‌ترین قسمت‌ها نفوذ خواهد کرد. بدون آنکه محصول مجاور دیواره، حرارت بیش از حد (آنچنان که در بسته‌های بزرگ اتفاق می‌افتد) را تحمل نماید. به این نکته نیز باید اشاره نمود که محصول پس از فرآیند سریعتر نیز سرد می‌گردد.

8- واکنش موادغذایی با لایه‌های آلومینیومی

از آنجا که موادغذایی با ترکیبات شیمیایی و حالات فیزیکی متفاوت در پوشش‌های آلومینیومی بسته‌بندی می‌شوند، بررسی امکان بروز واکنش بین موادغذایی و پوشش و میزان این اثرگذاری بسیار مهم می‌باشد. اصولاً با طبقه‌بندی موادغذایی بر حسب میزان اسیدیته یا pH ، مقدار چربی، مقدار رطوبت و غیره می‌توان تا حدودی مناسب بودن این نوع پوشش‌ها را پیش‌بینی نمود. در همین مورد اثر مواد افزودنی نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

الف: میوه‌ها و سبزیها

در صورتی که در قوطی یا بسته بدون لعاب درونی بسته‌بندی شوند باعث خوردگی و تولید گاز هیدروژن خواهند شد. در بسته‌های دارای لعاب مشکل به مراتب کمتر دیده خواهد شد. گاهی تغییر رنگ مثلاً در مورد سس سیب (درختی) دیده می‌شود. این حالت در قوطی‌های قلع‌اندود بدلیل اثر رنگ بر روی قلع کمتر بروز می‌نماید. مربا و ژله در مقایسه با کمپوت‌ها واکنش کمتری می‌دهند که بدیل ویسکوزیته بالاتر این محصولات است. در مورد آب میوه‌ها کاهش عطر و طعم دیده شده است که می‌تواند بواسطه جذب آنها توسط لعاب درونی باشد. بطور کلی در مقایسه بین میوه‌ها و سبزیها، عمر نگهداری دسته اخیر در قوطیهای آلومینیومی بیشتر از میوه‌ها است.

ب: گوشت قرمز، ماهی و غذاهای دریایی

آلومینیوم پوشش بسیار مناسبی برای این دسته از مواد است و لکه‌های سیاه ناشی از واکنش آهن با سولفید موجود در فرآورده گوشتی، در فراورده های بسته‌بندی شده در آلومینیوم دیده نمی‌شود. در مواردی آلومینیوم در تخریب رنگ برخی از رنگیزه‌ها می‌تواند مشکلاتی را در بر داشته باشد. بعنوان مثال تغییر رنگ صورتی میگو به خاکستری گل‌آلود که متعاقب آن نوعی بوی هیدروژن سولفوره نیز به مشام می‌رسد، از آن جمله می‌باشد، هرچند که با کاهش pH به حدود 6 تا 6/4 می‌توان به شکل موثری از بروز این مشکل جلوگیری نمود. ساردین اگر با سس خردل یا گوجه فرنگی پر شده باشد اسیدیته کل سس نباید از 3 درصد بیشتر باشد چراکه در غیر اینصورت، سس‌ها بدلیل اثر خورندگی حتی به لعاب نیز حمله کرده آن را از بین می‌برند.

ج: نوشابه‌های گازدار

پرمصرف‌ترین محصول غذایی که در ظروف (قوطی) آلومینیومی بسته‌بندی می‌شود، به شمار می‌آیند. مطالعات نشان داده است که گاهی نوشابه‌هایی که دارای پایه سیتروسی هستند، بعد از 6 ماه نگهداری در درجه حرارت اتاق، کمی طعم خود را از دست داده‌اند.

د: نوشابه‌های بدون گاز

در اینگونه موارد با توجه به اینکه برای ایجاد استحکام از گاز ازت استفاده شده تاثیر متقابل کمتر دیده شده است. البته در مواردی که پرکردن بصورت گرماگرم (hot filling) صورت بگیرد (مثلاً در مورد آب میوه و نوشابه‌های ایزوتونیک)، واکنش‌های متقابل ممکن است تا حدی اتفاق بیفتد.

9- مقایسه لایه آلومینیومی با سایر لایه‌های قابل انعطاف

مقایسه لایه آلومینیومی با لایه‌های قابل انعطاف مانند پلی‌اتیلن، پلی‌استر، PVC، سلولز استات، کاغذ کرافت، کاغذ مومی، کاغذ گلاسه، PVDC ، کاغذ آغشته به PVDC نشان می‌دهد که آلومینیوم در مواردی مانند مقاومت به بخار آب، مقاومت به عبور گاز، مقاومت در برابر جذب عطر و بو، مقاومت به آب و چربی نسبت به سایر لایه‌ها از موقعیت بسیار بهتری برخوردار است و صرفاً از نظر مقاومت به خوردگی است که در مرتبه پائین‌تری نسبت به پلی‌استر، پلی‌اتیلن، PVDC ، PVC و کاغذ آغشته به PVDC قرار می‌گیرد. ضمناً بر خلاف تصور عموم، موادغذایی بسته‌بندی شده در آلومینیوم را می‌توان در مایکروویو نیز قرار داد بدون آنکه خطری مگنوترون را تهدید نماید.

10- بازیابی ظروف و لایه‌های آلومینیومی

به دلیل ترکیب ساده این ظروف، بازیابی ضایعات بسیار آسان و با صرفه است. طبق آمار موجود در کانادا، 96 درصد قوطی‌های نوشابه آلومینیومی بفروش رفته، بازیافت شده و مجدداً در چرخه قرار می‌گیرند.

فصل پنجم: فولاد قلع اندود (حلبی)

مقدمه

استفاده از ورق فولاد قلع اندود جهت بسته‌بندی موادغذایی تاریخچه طولانی دارد. در اوایل قرن نوزدهم میلادی، ناپلئون جایزه‌ای به مبلغ 12000 فرانک برای ارائه روشی که به وسیله آن بتوان موادغذایی مصرفی ارتش آن کشور را نگهداری کرد تعیین و اعلام نمود. در آن هنگام نیکلا آپرت به این نکته پی برد که می‌توان با حرارت دادن ماده‌غذایی و نگهداری آن دور از هوا، ماده غذایی را به مدت طولانی حفظ نمود. وی در این زمینه ظروف شیشه‌ای را بکار گرفت، این تجربه بعدها اساس صنعت کنسروسازی قرار گرفت. دو مهندس انگلیسی به نام های جان هال و برایان دانکین، شروع به تولید قوطی از ورق قلع اندود جهت بسته‌بندی موادغذایی دریانوردان نمودند. ورق‌ها در آن موقع نسبتاً ناهموار بوده و دارای پوششی ضخیم از قلع بودندو قلع‌اندود کردن نیز به روش غوطه وری انجام می‌گرفت. در سال 1819 برای اولین بار قوطی قلع اندود به صورت تجاری وارد بازار شد. از سال 1860 هنر قوطی سازی کامل‌تر شده و به صورت علم درآمد. در سال 1929، در آلمان از روش الکترولیتی برای قلع اندود کردن استفاده شد که در این حالت مصرف قلع به نحو چشمگیری کاهش یافت.

1- نحوه تهیه ورق فولادی

پس از آنکه سنگ آهن در کارخانجات ذوب، به صورت آهن مذاب درآمد، توده مذاب در کارگاههای ریخته‌گری به شکل تختال (slab) ضخیم طویل در می‌آید. معمولاً تختالی که برای تولید ورق مورد استفاده قرار می‌گیرد، از نوع کم کربن است. طول تختال بین 9 تا 10 متر، عرض آن بین 65 سانتی‌متر تا 2 متر و ضخامت آن 22 سانتی‌متر می‌باشد. حداکثر وزن تختال به هنگام خروج از قالب، 28 تن است. تختال در مرحله‌ای که قرار است تبدیل به ورق شود، توسط کوره‌های مخصوص گرم شده و سپس طی چند مرحله با عبور از نورد گرم که غلطک‌هایی با فاصله (clearance) معین هستند، تبدیل به ورقی به ضخامت 1/8 میلی‌متر در می‌آید. این ورق سپس در حمام اسید سولفوریک رقیق اسیدشویی شده و توسط نورد سرد، ضخامت آن به0/5 تا 0/15 میلی‌متر خواهد رسید. در نهایت ورقه، استرس‌زدایی شده تا بدین ترتیب سختی و سطح صاف

مورد نظر بدست آید . تنش زدایی یا آنیل محفظه‌ایی (box annealing)، شامل حرارت‌دهی و خنک سازی آرام کلاف‌ها به منظور از بین بردن تنش‌های تولید شده در حین نورد سرد است. این فرآیند که در یک محفظه آب‌بندی شده انجام می‌گیرد با وارد کردن گاز خنثی یا گازی که به طور جزیی احیا باشد، سطحی براق ایجاد می‌نماید. با توجه به اینکه هرچه از ضخامت ورق کاسته شود، صرفه‌جویی بیشتری در هزینه‌ها صورت خواهد گرفت و نیز با توجه به این واقعیت که هر چه ورق نازک‌تر شود، بواسطه فشار وارده به آن، سختی آن نیز افزایش می‌یابد، بنابراین اکنون استفاده از ورق‌هایی که دوبار توسط نورد سرد تیمار شده‌اند و به DCR (doublecold reduced) موسوم می‌باشند، معمول می‌باشد.

در صورتی که تختال‌ها بعد از شکل‌گیری به انبار تختال منتقل شده باشند، ابتدا آنها را در کوره‌هایی گرم می‌نمایند تا مجدداً به صورت گداخته درآیند و سپس با استفاده از غلطک‌های عمودی و افقی از ضخامت آن ها کاسته خواهد شد. این غلطک‌ها قادر هستند که در حین کاهش ضخامت، عرض تختال را نیز حداکثر تا 70 میلی‌متر کاهش دهند. جهت برداشتن پوسته‌هایی که بر روی صفحات فولادی (تختال نازک شده) بوجود می‌آیند از دو غلطک دیگر به نام «pinch roll» که فشار مضاعفی بر صفحه وارد می‌کند، به همراه آب با فشار زیاد، استفاده می‌گردد. نورد گرم با سیستم‌های کنترل ضخامت و کنترل ابعاد مجهز است و درجه حرارت ورق خروجی از نورد حدود 850 درجه سانتی‌گراد خواهد بود که رفته رفته تا 600 درجه سانتی‌گراد خنک شده و سپس به کلاف پیچ منتقل می‌گردد. این کلافها آماده انتقال به واحد نورد سرد هستند. کلافها دارای عرض بین 58 سانتی‌متر تا کمی کمتر از 2 متر بوده، قطر آنها حداکثر به یک متر و 85 سانتی‌متر می‌رسد و وزن کلاف در این هنگام حدود 27 تن است.

2- قلع اندود نمودن ورق

پوشاندن صفحات فولادی توسط قلع ابتدا با غوطه‌ور نمودن صفحات در حمام مذاب (غوطه‌وری داغ) صورت می‌گرفت. گرچه هنوز هم از این روش استفاده می‌شود، اما بخش عمده ورق‌های قلع‌اندود امروزه به روش الکترولیتی تولید می‌شوند. در روش غوطه‌وری، لایه‌ای نسبتاً ضخیم از قلع (17 تا 22 گرم به ازاء هر متر مربع، 8/5 تا 11 گرم بر روی هر سطح) تشکیل می‌گردد که معادل ضخامتی حدود 0/02 تا 0/07 میلی‌متر در هر

سوی ورق خواهد بود. شرط لازم برای قلع اندود کردن به روش فوق، وجود سطحی تمیز و عاری از آلودگی است که این عمل با اسیدشویی و توسط اسید سولفوریک یا کلریدریک رقیق انجام می‌گیرد. غلظت اسید 2 تا 6 درصد و دما در محدوده 80-65 درجه سانتی‌گراد و زمان اسید شویی 4-2 دقیقه است. ورق‌ها سپس از میان حوضچه روان ساز به عمق 5-2/5 سانتی‌متر عبور می‌نمایند. روان ساز مورد استفاده معمولاً کلرور روی ($Zn\ Cl_2$) محلول در آب است که حاوی مقداری کلرید آلومینیوم نیز می‌باشد. سرعت عبور ورق از میان محلول روان ساز حدود 16/5 سانتی‌متر بر ثانیه است. پس از روان سازی، ورق وارد پاتیل قلع مذاب شده و در مرحله بعد به صورت عمودی از لایه روغن و غلطک‌های خشک‌کن عبور می‌نمایند.

در روش الکترولیتی، مصرف قلع به 5/6 گرم به ازای هر متر مربع (2/8 گرم بر هر طرف) کاهش یافته و ضخامت آن به حدود 0/4 میکرومتر خواهد بود. نحوه عمل قلع اندود کردن به روش الکترولیتی را می‌توان در شکل 1 ملاحظه نمود.

شکل 1- نمودار تولید ورق قلع اندود

ورق‌های حاصل از نورد سرد، پس از باز شدن، توسط قلیا، آب و اسید شسته می‌شود. در مرحله شستشوی قلیایی، گرد و خاک، ذرات فلزی و جامدات موم مانند جدا می‌شوند. تمیزکننده‌های قلیایی مخلوطی از نمک‌های معدنی همراه با مقادیر کمی خیس کننده‌ها هستند تا بتوانند تمیزکاری را از طریق صابونی شدن و تشکیل امولسیون را بهبود بخشند. در عملیات اسیدشویی جهت دفع اکسیدهای فلزی از اسید استفاده می‌گردد که اسید سولفوریک متداول‌ترین این اسیدها به شمار می‌آید. اسید پس از حل پوسته اکسیدی، به پایه فولادی حمله می‌کند، بنابراین از ممانعت کننده‌ها باید استفاده شود. پس از تمیز کردن ورق، آنها را وارد حوضچه‌های

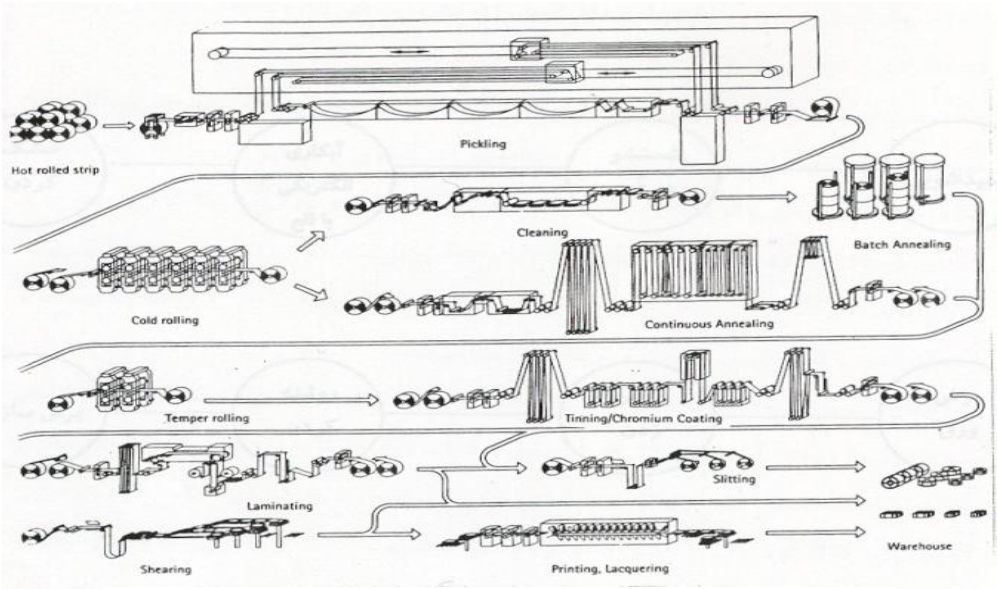
آبکاری (الکترولیتی) می‌نمایند. این بخش خود از چندین سلول آب کاری (معمولاً 12-5 عدد) تشکیل شده است. در ابتدای بخش، سلول آب کاری اولیه قرار دارد که حاوی الکترولیتی کاملاً یا تا اندازه‌ای متفاوت با حمام اصلی است. در این سلول‌ها شمش خالص قلع، آند و ورق، کاتد را تشکیل می‌دهد. ورق قلع‌اندود و الکترولیتی را می‌توان با مقادیر برابر یا نابرابر قلع روی دو سطح ورق تولید نمود (جدول1). ضخامت اسمی پوشش قلع برای نوع برابر بین 0/4 تا 1/5 میکرومتر روی هر سطح تغییر می‌کند و ضخامت نهایی پوشش با عبور نوار از یک سلول به سلول بعدی بدست می‌آید. بعد از خروج نوار از آخرین سلول آب کاری، ورق قلع‌اندود، بلافاصله شستشو شده و خشک می‌گردد تا از رگه‌دار شدن آن جلوگیری گردد. برج‌های ذخیره نوارکه در ابتدا و انتهای فرآیند دیده می‌شوند، نوارهای اضافی را ذخیره می‌نمایند تا در صورت بروز مشکل، پیوستگی خط، قطع نشود (شکل 2). با مطالعه قوانین فاراده و با شناخت واکنش‌های الکترودها می‌توان پوشش‌دهی الکتریکی قلع را کنترل کرد. قلع پوشانی الکترولیتی در الکترولیت‌های اسیدی و یا قلیایی انجام می‌شود. در فرآیند اسیدی، واکنش آند، اکسیداسیون مستقیم قلع فلزی به یون قلع دوظرفیتی است.

$$^{\circ}Sn \rightarrow Sn^{++} + ۲e^{-}$$

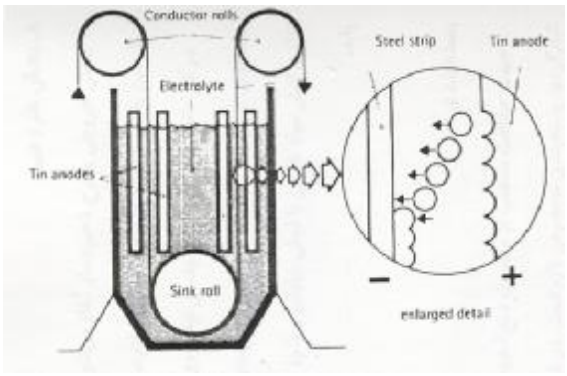
جدول 1- مشخصات ورق قلع اندود

نوع پوشش	علامت فعلی	علامت قبلی
یکسان	2/8-2/8	#25
	5/6-5/6	#50
	8/4-8/4	#75
متفاوت	2/8-5/6	#25-50
	2/8-8/4	#25-75
	5/6-8/4	#50-75

در اثر این واکنش قلع فلزی روی کاتد رسوب می‌کند که در فرآیند مداوم، کاتد، نوار پیوسته فولادی متحرک است (شکل 3). رسوب قلع در محیط اسیدی چسبندگی کمتری نسبت به رسوب قلع در محیط قلیایی دارد که این ضعف را می‌توان با انجام روش‌های نظافت سطح تا حدودی برطرف نمود و یا موادی آلی مانند ژلاتین به محلول افزود.



شکل 2- بخش های اصلی تولید ورق قلع اندود



شکل 3- نحوه تثبیت قلع بر روی ورق فولادی

همچنین حضور عامل تر کننده مانندβ- نفتول ضروری است. حمام‌های اسیدی مناسب برای فرآیند قلع‌اندود کردن متنوع بوده و از جمله به حمام اسید سولفونیک، حمام فلوئورید، کلرید، سولفات و فلوئوبرات می‌توان اشاره نمود. در فرآیند الکترولیتی قلیایی، از حمام‌های قلیایی استات سدیم یا پتاسیم استفاده می‌شود. واکنش آند، اکسیداسیون قلع فلزی به یون قلع چهار ظرفیتی است.

$$Sn^{\circ} \rightarrow Sn^{4+} + 3e^{-}$$

در این فرآیند در اثر انحلال یک اتم قلع، چهار الکترون ولی در فرآیند اسیدی دو الکترون آزاد می‌شود، بنابراین انحلال یک مولکول گرم قلع در الکترولیت قلیایی، مستلزم مصرف جریان الکتریکی دو برابر است.در مقایسه دو روش، روش اسیدی را روش مناسب‌تری می‌دانند زیرا حمام‌های قلیایی در دمای بیش از 95

درجه سانتی‌گراد بازدهی دارند در حالیکه حمام اسیدی در محدوده 49-38 درجه سانتی‌گراد عمل می‌نماید. در روش اسیدی هیدروژن کمتری در آند تولید می‌شود، مصرف جریان الکتریکی نصف روش قلیایی است و به فضای ساختمانی کمتری نیاز دارد، ضمن آنکه از سرعت پوشش‌دهی بالاتری برخوردار است. روش اسیدی البته دارای معایبی نیز می‌باشد که عبارتند از:

الف: انحلال قلع در آند بیشتر از رسوب قلع بر کاتد (نوار فولادی) است، در نتیجه محلول الکترولیت همواره حاوی مقدار اضافی یون است و در نتیجه ضخامت لایه قلع غیر یکنواخت خواهد شد.

ب: با پیشرفت انحلال، آند تحلیل رفته، فاصله بین آند و نوار فولادی (کاتد) تغییر می‌کند و بنابراین لازم است آند به طرف نوار حرکت داده شود.

ج: لزوم جایگزینی مکرر آند که بازدهی فرآیند را کم می‌کند.

د: شکسته شدن آند درحین تعویض یا حرکت.

3- سفیدگری (Flow Brightening)

ورق قلع‌اندود تهیه شده به روش غوطه‌وری دارای ظاهری درخشان و براق است، در حالیکه، قلع اندود نمودن به روش الکترولیتی، سطحی گرفته و مات ایجاد می‌کند. در این حالت ورق قلع اندود دارای مورفولوژی میکروبلورین غیرانعکاسی است زیرا یونهای قلع حاصل از آند، به صورت ذره‌ای بر روی نوار فولادی رسوب می‌نمایند و بنابراین نوعی حالت متخلخل ایجاد خواهند نمود. برای رفع این وضعیت، نوار قلع اندود، به یکی از روشهای مقاومت الکتریکی، القاء و یا حمام روغن داغ، سریعاً حرارت می‌بینند. اگر چه نقطه ذوب قلع 231/9 درجه سانتی‌گراد است، اما برای حصول اطمینان از ذوب کامل و ظاهر یکنواخت، لازم است تا نوار را تا دمایی بالاتر از این حد گرم نمود. این فرآیند را سفیدگری می‌نامند که نه تنها ظاهر ورق را بهبود محسوس می‌بخشد و آن را به حالت براق و درخشان در می‌آورد بلکه مقاومت آن را به خوردگی نیز افزایش می‌دهد.

4- روئین سازی (Passivation)

در عملیاتی دیگر، و به منظور جلوگیری از تشکیل اکسید قلع بر سطح نوار، لایه‌ای ازکروم و اکسید کروم هیدراته بر روی نوار قلع اندود تثبیت می‌شود، در صورت باقیماندن اکسید قلع، نه تنها نوار به مرور زمان

بد رنگ می‌شود، لعاب دهی به سطح داخلی ورق و لحیم‌کاری لبه‌ها دشوار خواهد شد. در این روش از محلول دی کرومات سدیم الکترولیتی با غلظت 20 تا 60 گرم در لیتر و pH برابر با 3/5 تا 7 و دمای حمام 35 تا 70 درجه سانتی‌گراد استفاده می‌گردد. دانسیته جریان A/dm^2 40-5 بوده و زمان عملیات 0/1 تا 10 ثانیه می‌باشد. محدوده بهینه اکسید کروم هیدراته که بر روی ورق قلع اندود قرار می‌گیرد، 0/005 تا 0/05 گرم به ازای هر مترمربع است، در صورتی که مقدار اکسیدکروم کمتر از 0/005 گرم بر هر مترمربع و یا بیشتر از 0/05 گرم بر هر مترمربع باشد، مقاومت به خوردگی کاهش یافته، لعاب پذیری هم افت می‌نماید. به هر روی پس از پایان عملیات روئین سازی، نوار با آب حاوی اسید سیتریک به طوریکه pH بین 6-5 باشد شسته می‌شود تا خاصیت چاپ‌پذیری ورق بهبود یابد.گاهی نیز از کربنات سدیم استفاده می‌شود که اثر کمتری در مقایسه با محلول فوق دارد و بیشتر در قوطی های کنسانتره شیر از آن استفاده می‌گردد.

5- روغن کاری

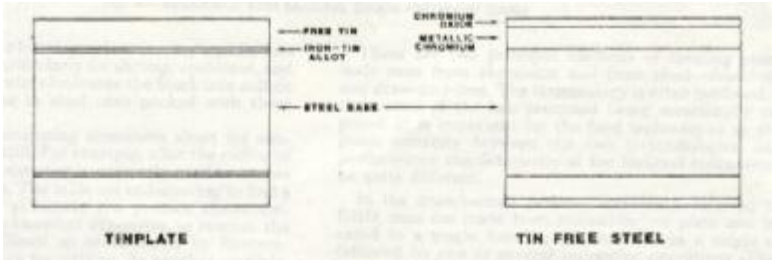
بعد از انجام همه عملیات فوق، با توجه به اینکه ماشین‌های قوطی ساز از سرعت بالایی برخوردار هستند، لازم است تا سطح ورق روغن کاری شود، تا استفاده از ورق به آسانی میسر شده، آسیبی به آن وارد نشود. در این زمینه، روغن پنبه دانه و یا روغن‌های سنتزی مانند دی – بوتیل سباسیت (di-butyl sebacate) و یا دی اکتیل سباسیت (dioctyl sebacate)و استیل تری بوتیل سیترات به صورت لایه‌ای بسیار نازک (5 تا 20 میلی‌گرم برای هر متر مربع)، بر سطح ورق به صورت فرآیندی الکترواستاتیکی قرار خواهد گرفت. از مواد کاهش دهنده فعالیت سطحی نیز می توان همراه با روغن ها استفاده نمود. پس از انجام تمامی این مراحل، ورقه‌ای متشکل از چندین لایه بدست می‌آید(شکل4)که از آن در ساخت قوطی مصرفی صنایع بسته‌بندی موادغذایی استفاده خواهد شد.

شکل 4- لایه های تشکیل شده بر روی ورق فولادی پس از قلع اندود شدن

گاهی ورق‌های قلع اندود تحت عناوین انواع J و K در بازار دیده می‌شوند که در آنها قلع به صورت 5/8 / 2/6 g/m^2 و یا بیشتر بر روی ورقه فولادی تثبیت شده، تا مقاومت خوبی را نسبت به خوردگی از خود نشان دهند. تفاوت آنها در اندازه بلورهای قلع، مقاومت در برابر اسید می‌باشد.

6- محصولات جانبی قلع‌اندود نمودن ورق

ورق کروم اندود الکترولیتی (electerolytic chromium coated steel) که به فولاد عاری از قلع (tin-free steel) نیز معروف است، از محصولات جانبی کارخانه ورق قلع‌اندود است که در آن سطح ورق فولادی با دو لایه کروم فلزی و اکسید کروم پوشانده شده است (شکل5). در این روش 50 تا 90 میلی‌گرم کروم فلزی و 7 تا 35 میلی‌گرم اکسید کروم برای هر متر مربع ورق، استفاده می‌شود:



شکل5- مقایسه ورق قلع اندود با ورق عاری از قلع

این ورق‌ها قبل از مصرف در کارخانه قوطی‌سازی باید لاک زده شود زیرا لایه اکسیدکروم باعث سایش شدید ماشین‌آلات می‌گردد از ورق کروم اندود الکترولیتی در ساخت قوطیهایی که نیاز به جوشکاری ندارند و نیز انواع درپوش‌ها استفاده می‌شود.

7- بازیابی ورق قلع‌اندود

به دلیل خواص مغناطیسی فولاد، جمع‌آوری و ذخیره قوطیهای قلع اندود جهت بازیابی، آسان و اقتصادی است. بازیابی هر تن قراضه ورق قلع اندود، 1/5 تن سنگ آهن، 665 کیلوگرم زغال سنگ، 191 کیلوگرم سنگ آهک صرفه‌جویی را به دنبال دارد. پوشش قلع مشکلی در فرآیند بازیابی ایجاد نمی‌کند زیرا درصد قلع در قراضه ورق قلع اندود بسیار پائین است. آلاینده‌های آلی مانند برچسب و رنگ نیز در دمای بیش از 1600 درجه سانتی‌گراد فرآیند فولادسازی می‌سوزند.

8- وزن مبنا (Base weight) و جعبه مبنا (Base box)

وزن مبنا نمادی است که نشانگر ضخامت اسمی ورق می‌باشد و جعبه مبنا، سطحی معادل با تعداد مشخصی ورق با ابعاد معین است. جعبه مبنا، سطح 112 ورق قلع اندود به طول 20 و عرض 14 اینچ است که معادل 31360 اینچ مربع خواهد شد. این تعداد ورق با این مشخصات می‌تواند دارای وزن‌های متفاوتی باشد که با توجه به ثابت بودن تعداد ورق‌ها و طول و عرض آنها، تنها متغیر، ضخامت می‌باشد. به عنوان مثال وقتی وزن مبنا 45 پوند (حدود 21 کیلو گرم) باشد، ضخامت 112 ورق (14×20 اینچ) برابر با 0/005 اینچ (127 میکرومتر) خواهد بود. در صورتی که وزن مبنا، به 100 پاوند (45 کیلوگرم) افزایش یابد در اینصورت ضخامت هر یک از 112 ورق، حدود 280 میکرومتر است. در همین زمینه می‌توان وزن هر فوت مربع از این ورق‌ها را نیز بدست آورد. با توجه به اینکه 31360 اینچ مربع (مساحت کل 112 ورق) معادل با 217/8 فوت مربع است، بنابراین در مثال اول خواهیم داشت:

$$14\times20\times112 = 31360\ In^2$$

$$31360 \div 144 = 217/8\ Ft^2$$

$$45 \div 217/8 = 0/2066\ lb$$

یعنی که یک فوت مربع از ورق، وزنی برابر با 0/2066 پوند (94 گرم) خواهد داشت. جدول 1، ضخامت را با توجه به وزن مبنا نشان می‌دهد. در ارتباط با همین ویژگی، واحد دیگری به نام SITA (system international tinplate area)که معادل یکصد مترمربع است را می توان تعریف نمود. در این حالت تعداد ورق‌ها به جای 112، 100 عدد در نظر گرفته می‌شود و سپس SITA از رابطه ذیل بدست خواهد آمد:

جدول 1- رابطه وزن و جعبه مبنا با ضخامت ورق قلع اندود

Weight		Thickness	Weight		Thickness
Lb/Base Box (Basis Weight)	Lb/Sq Ft	Inches	Lb/Base Box (Basis Weight)	Lb/sq Ft.	Inches
45	0.2066	0.0050	148	0.6796	0.0163
50	0.2296	0.0055	155	0.7117	0.0171
55	0.2525	0.0061	168	0.7714	0.0185
60	0.2755	0.0066	175	0.8036	0.0193
65	0.2985	0.0072	180	0.8265	0.0198
70	0.3214	0.0077	188	0.8633	0.0207
75	0.3444	0.0083	195	0.8954	0.0215
80	0.3673	0.0088	208	0.9551	0.0229
85	0.3903	0.0094	210	0.9643	0.0231
90	0.4133	0.0099	215	0.9872	0.0237
95	0.4362	0.0105	228	1.0469	0.0251
100	0.4592	0.0110	235	1.0791	0.0259
107	0.4913	0.0118	240	1.1020	0.0264
112	0.5143	0.0123	248	1.1388	0.0273
118	0.5418	0.0130	255	1.1709	0.0281
128	0.5877	0.0141	268	1.2306	0.0295
135	0.6199	0.0149	270	1.2398	0.0297
139	0.6383	0.0153	275	1.2627	0.0303

$$\text{SITA} = \frac{\text{عرض ورق (mm)}}{1000} \times \frac{\text{طول ورق (mm)}}{1000} \times \text{تعداد ورق‌ها}$$

در صورتی که هدف تعیین SITA برای کلاف باشد از معادله ذیل استفاده می‌شود:

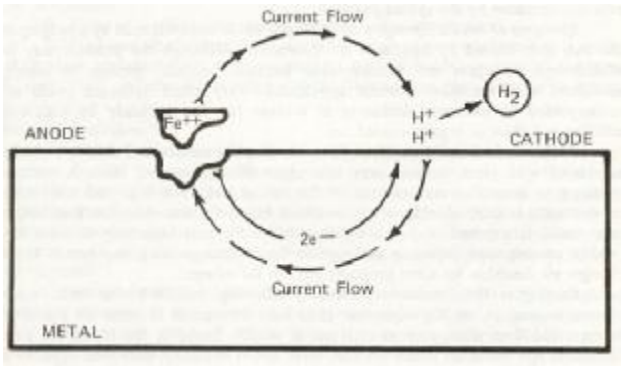
$$\text{SITA} = \frac{\frac{\text{عرض ورق (mm)}}{1000} \times \text{طول(m)}}{۱۰۰\ \text{m}^۲}$$

9- خوردگی

همه ساله تعداد بیشماری از قوطی‌های تهیه شده از ورق قلع اندود جهت بسته‌بندی موادغذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند که در معرض حملات شیمیایی متعددی نیز قرار می‌گیرند. برخی از محصولات، قلع را مورد حمله قرار می‌دهند که البته حذف قلع به این شکل قابل قبول به شمار می‌آید زیرا که این عمل، تحت تاثیر قرار گرفتن ورق فولادی را به تأخیر می‌اندازد. این عمل با توجه به ضخامت کم قلع و اینکه در برخی نقاط و تحت تاثیر عوامل مختلف همین پوشش ناچیز ممکن است به خوبی تأمین نشده و یا در حین ساخت قوطی از بین رفته باشد، بسیار شایان توجه است. هرگونه حمله به بخش فولادی ورق قوطی می‌تواند منجر به سوراخ شدن آن شود. در کنار آن باید توجه نمود که اگر تحت تاثیر قرار گرفتن قلع باعث بد رنگ شدن و یا بروز عطر و طعم نامطبوع در محصول می‌شود، دیگر این عمل مطلوب نبوده و باید از لعاب استفاده گردد.

خوردگی اصولاً نوعی پدیده الکتروشیمیایی است که در آن الکترونها جابجا و یا منتقل می‌گردند. هرگاه دو فلز غیرمشابه در آب و یا محلول‌هایی که قابلیت هدایت الکتریسیته را دارند (الکترولیت‌ها) غوطه‌ور شوند و سپس به یکدیگر وصل گردند، آنگاه نوعی سلول گالوانیک بدست خواهد آمد. پتانسیل الکتریکی که به این ترتیب بین دو فلز برقرار می‌شود، زمینه انتقال الکترونها را از طریق سیم رابط مهیا خواهد ساخت. در این حالت، دو فلز را الکترود نامیده که یکی کاتد و دیگری آند می باشند و جریان تولید شده بواسطه حرکت الکترونها از آند به کاتد خواهد بود. با حرکت الکترونها از آند، آن قسمت از فلز که در مایع غوطه‌ور است بصورت یون‌های مثبت و محلول در می‌آیند و بنابراین به تدریج آند در الکترولیت حل می‌شود. در قوطی‌های

قلع اندود، دو فلز قلع و فولاد که در تماس با یکدیگر هستند در ماده غذایی غوطه‌ور می‌باشند که همچون یک الکترولیت عمل می‌نماید. در این حالت قلع را اگر آند و فولاد را کاتد در نظر بگیریم، آنگاه قلع شروع به حل شدن در ماده غذایی (الکترولیت) نموده، در حالیکه، فولاد به صورت دست نخورده باقی می‌ماند. در این حالت به قلع «آند فدا شونده» می‌گویند . زیرا با حل شدن خود، فولاد را حفظ می‌کند (شکل 6).



شکل 6- مکانیزم خوردگی ورق فولادی

یکی از مهمترین نکات و عواملی که باید کنترل شود، اکسیژن است. معمولاً مقدار اکسیژن در قوطی‌ها کم است و تحت این شرایط، قلع به صورت آندی و فولاد به صورت کاتدی عمل می‌نمایند که حالت مطلوب به شمار می‌آید. در صورتی که غلظت اکسیژن بالا باشد. در این حالت قلع به صورت کاتد و فولاد به صورت آند در می‌آیند و به این ترتیب این فولاد است که سریعاً در غذا حل می‌شود و معمولاً باعث سوراخ شدن قوطی می‌گردد. در همین رابطه پولاریزه شدن نیز اتفاق می‌افتد. عبور جریان الکتریکی از محلول الکترولیتی منجر به تشکیل گاز هیدروژن در الکترود منفی خواهد شد. قسمت اعظم این گاز خارج می‌شود اما بخشی از آن به صورت حباب، کاتد را در برگرفته و باعث می‌شود تا جریان معکوس درآید. در مبحث خوردگی، هر چیزی که از شدت جریان بکاهد، سرعت و شدت خوردگی را نیز کم می‌کند. بالعکس، هر عاملی که پولاریزه شدن را کم نماید، باعث تسریع خوردگی خواهد شد. از همین جاست که می‌توان دریافت که چگونه اکسیژن محلول در ماده غذایی باعث افزایش خوردگی می‌گردد. در صورتی که مقدار اکسیژن زیاد باشد، می‌تواند با ئیدروژن جمع شده در کاتد واکنش داده، پولاریزه شدن را کاهش داد و مجدداً جریان اولیه که منجر به خوردگی می‌شود را ایجاد نماید. فلزاتی که الکترودها را تشکیل می‌دهند، نقش و اثر مهمی را در خوردگی ایفا می‌نمایند.

فلزات را از نظر تمایل آنها به حل شدن در الکترولیت و تشکیل یون می‌توان طبقه‌بندی نمود. این سری از فلزات که تحت عنوان «الکتروموتیوها» دسته‌بندی شده‌اند، با عنصر سدیم که به راحتی وارد محلول می‌شود آغاز و با فلزاتی چون طلا و پلاتین که به هیچ روی حل نمی‌شوند، خاتمه می‌یابد. هرچه فلزات از یکدیگر فاصله بیشتری را در این سری داشته باشند، ولتاژ بیشتری در مقایسه با فلزات نزدیک به هم تولید می‌نمایند. آلومینیوم و آهن در این سری از یکدیگر کاملاً فاصله دارند و بنابراین استفاده از درب‌های آلومینیومی بر روی بدنه قوطی‌های فولادی توصیه می‌شود، البته با این شرط که این دو با یک پوشش مناسب از هم جدا شده باشند، زیرا در غیر این صورت آلومینیوم سریعاً دچار خوردگی می شود.

صرف نظر از عوامل گفته شده و عواملی چون pH و رطوبت، عوامل دیگری چون خوردگی ناشی از تنش (تنش‌های بوجود آمده در حین ساخت قوطی و یا انجام کشش شدید بر روی دیواره قوطی)، وجود عوامل بازدارنده خوردگی که گاهی به الکترولیت اضافه می‌شوند را می‌توان نام برد. معمولاً تشکیل نوعی لایه اکسید فلزی بر روی فلز می‌تواند از حل شدن آن جلوگیری نماید که در واقع نوعی حالت روئین برای آن بوجود آورد.

10- ترکیب شیمیایی ورق فولادی و قلع

مهم‌ترین نکته در ترکیب شیمیایی فولاد، مقدار کربن آن است که باید بسیار پائین باشد زیرا در غیر این صورت، فولاد حاصل به شدت شکننده بوده، فاقد خواص مورد نیاز در بسته‌بندی است. ترکیب شیمیایی فولاد شامل عناصر متفاوتی چون منگنز، کربن، فسفر، گوگرد، مس، نیکل، کروم بوده و صرف نظر از مقدار کربن، مقدار فسفر و مس نیز در استفاده از فولاد تاثیرگذار است. در حال حاضر چند نوع فولاد در جهان جهت بسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرند که در جدول 2 دیده می‌شوند. فولاد نوع L دارای مقدار بسیار کمی فسفر است و برای فراورده هایی که خاصیت خورندگی شدید دارند (با اسیدیته بالا) مانند میوه‌های تیره‌رنگ، ترشی‌ها توصیه می‌شود. فولاد نوع MR که مقدار بیشتری فسفر نسبت به فولاد L دارد برای محصولاتی با اسیدیته ملایم مانند آب میوه‌های گلابی، هلو و آناناس مناسب است و در مواردی مانند گوشت و ماهی و اکثر سبزیجات، قابل مصرف می باشد..

جدول 2- ترکیب شیمیایی چند نوع فولاد پایه مصرفی جهت قلع اندود نمودن

عناصر	نوع فولاد			
	L	MS	MR	MC
منگنز	0/6-0/25	0/6-0/25	0/6-0/25	0/6-0/25
کربن	حداکثر0/12	حداکثر0/12	حداکثر0/12	حداکثر0/12
فسفر	0/015	0/015	0/02	0/11-0/07
گوگرد	0/05	0/05	0/05	0/05
سیلیس	0/01	0/01	0/01	0/01
مس	0/06	0/1	0/2	0/2
نیکل	0/04	0/04	-	-
کروم	0/06	0/06	-	-
مولیبدن	0/05	0/05	-	-
آرسنیک	0/02	0/02	-	-

فولاد نوع MC که در آن مقداری فسفر به ترکیب اضافه شده است نیز برای محصولاتی که خاصیت خورندگی نداشته و یا اثر کمی دارند مناسب است و به جهت داشتن استحکام برای ساخت قوطیهای سه قسمته بکار می‌رود. فولاد نوع N که بیشتر برای قوطیهای کششی و درب قوطیهای آئروسول مناسب است و از نظر ترکیب شیمیایی شبیه به فولاد نوع L بوده که به آن تا 0/02 درصد نیتروژن افزوده شده تا بدین ترتیب سختی و مقاومت به کشش فولاد افزایش یابد. ترکیب شیمیایی قلع با درجه A (ممتاز) در جدول3 دیده می‌شود. بطور کلی تمامی ناخالصی‌های موجود در این نوع قلع کمتر از 0/2 درصد است، ضمن آنکه در روش الکترولیتی تقریباً قلع خالص بر روی فولاد تثبیت می‌شود.

جدول 3- درصد عناصر همراه با قلع (ناخالصی‌ها)

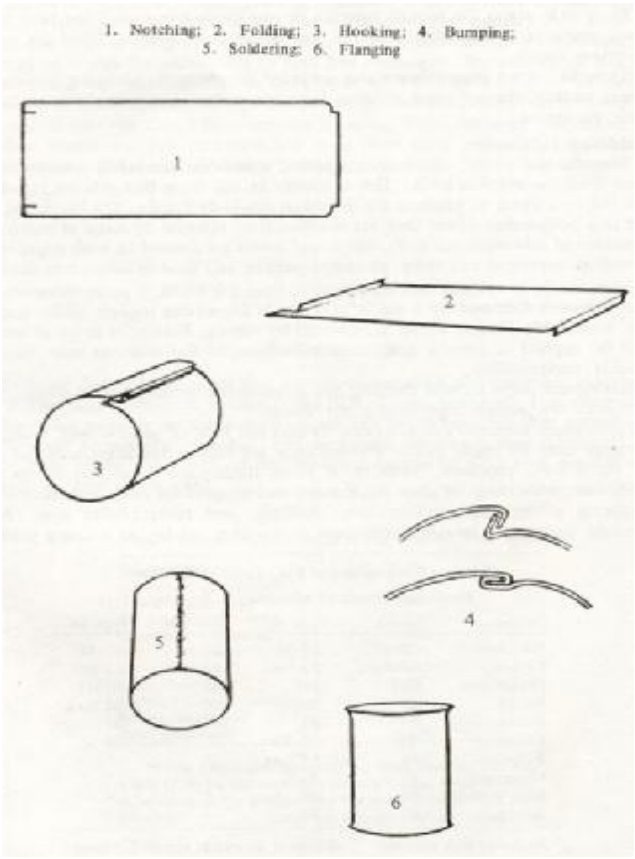
عناصر	%
قلع (حداقل)	99/8
آنتیموان (حداکثر)	0/04
آرسنیک (حداکثر)	0/05
بیسموت (حداکثر)	0/015
کادمیوم (حداکثر)	0/001
مس (حداکثر)	0/04
آهن (حداکثر)	0/015
سرب (حداکثر)	0/05
نیکل (حداکثر)	0/01
گوگرد (حداکثر)	0/01
روی (حداکثر)	0/005

11- ساخت قوطی از ورق فولادی قلع‌اندود (حلبی)

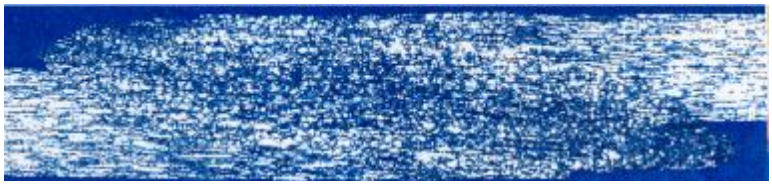
از انواع مختلف قوطی جهت بسته‌بندی موادغذایی استفاده می‌گردد که عبارتند از:

الف: قوطی سه تکه‌ای:

در این حالت ابتدا ورق به اندازه‌های معینی که جهت ساخت قوطی مورد نظر لازم است در می‌آید. در بخش ساخت بدنه بر روی دو انتهای این ورق‌ها شکاف‌ها و بریدگیهایی (notching) ایجاد می‌گردد (شکل7 بخش 1) که سپس به صورت قلاب در می‌آیند (شکل7، بخش2و 3 و 4و 5). حالت دندانه‌دار موجود باعث می‌شود که عمل لحیم‌کاری راحت‌تر صورت گیرد. پس از آنکه بدنه استوانه‌ای شکل ساخته شد، قسمت درز از روی شعله عبور داده می‌شود تا بدین ترتیب مواد مذاب بتوانند کاملاً در محل این درز قرار گیرند. در مرحله بعد یک لایه از لعاب به سطح داخلی و خارجی محل اتصال پاشیده می‌شود. مراحل بعد به ترتیب ایجاد لبه قلاب مانند (flang) (شکل7 بخش 6) در دو سر استوانه و نیز چین‌دار (beading) نمودن بخش استوانه‌ای جهت افزایش مقاومت آن به ضربه است.

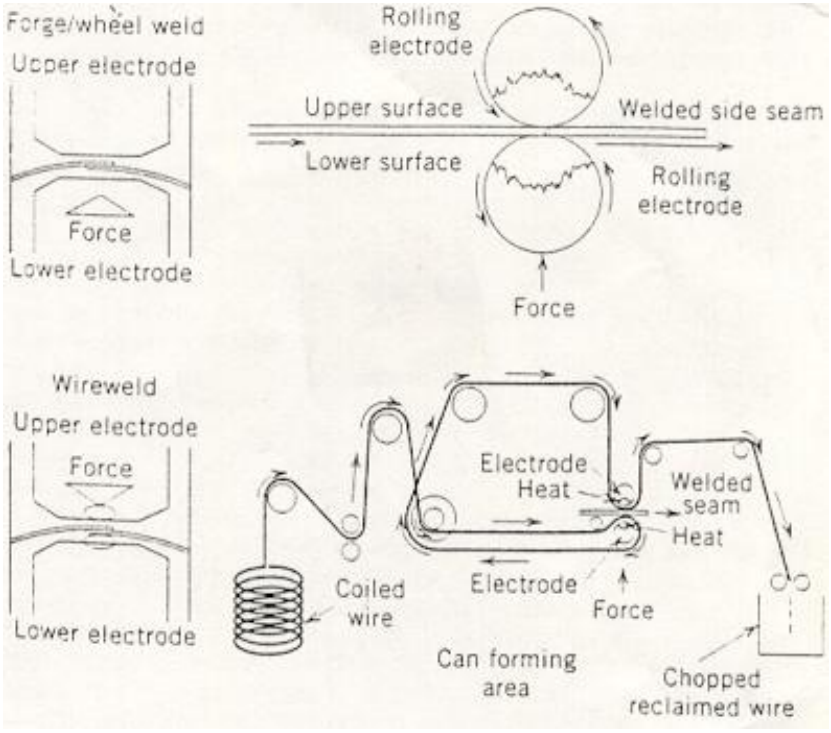


شکل7-مراحل مختلف ساخت قوطی با ایجاد قلاب و لحیم کاری



شکل 8- جوشکاری لبه های ورق که لبه ها حدود 0/4 میلی متر روی هم قرار می گیرند

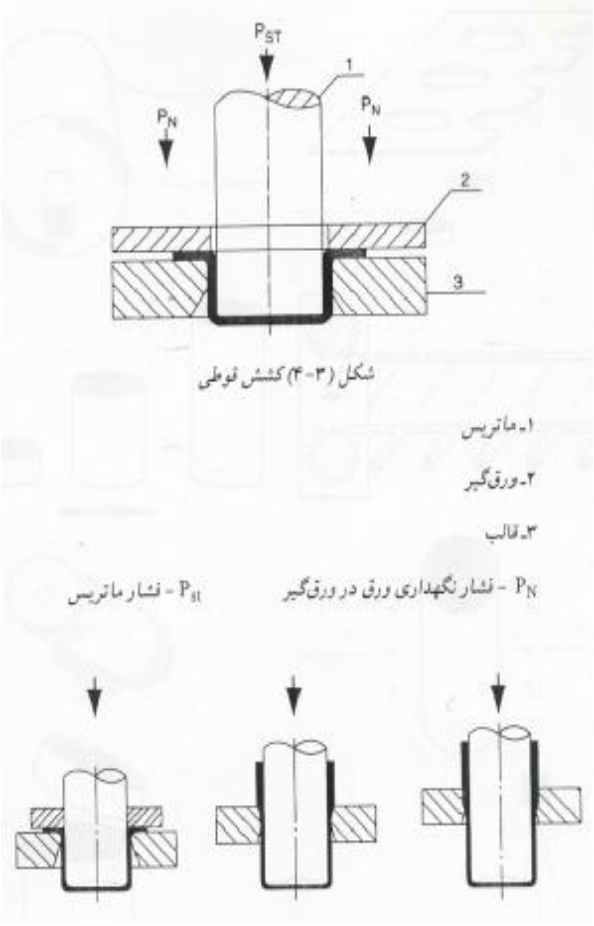
قوطی‌های سه قسمته را به روش جوشکاری نیز می‌توان تهیه نمود. در این حالت، ابتدا لبه‌های ورق که به شکل استوانه درآمده روی یکدیگر قرار می‌گیرند. (شکل8). جریان الکتریسیته همراه با فشار بر ناحیه‌ای که همپوشانی لبه‌ها صورت گرفته، اعمال می‌گردد. اگر جنس ورق قوطی از فولاد قلع اندود باشد، از سیم مسی جهت کمک به انتقال جریان برق استفاده می‌گردد ولی اگر جنس ورق فولادی عاری از قلع باشد از الکترودهایی که مانند غلطک بوده و ضمن حرکت و ایجاد فشار الکتریسیته را نیز عبور می‌دهند، استفاده می‌شود(شکل9). این روش بر روش لحیم کاری مزیت و برتری دارد زیرا اولاً از مواد لحیم کاری (مثلاً سرب) استفاده نمی‌شود، ثانیاً، درز جانبی از ضخامت بسیار کمی برخوردار است و بنابراین در رنگ‌آمیزی بدنه قوطی مشکلی ایجاد نمی‌نماید. از طرف دیگر دوام بیشتر نسبت به درزهای لحیم‌کاری شده دارد.



شکل9- نحوه جوشکاری لبه ها با استفاده از سیم یا غلطک مسی

ب: قوطی دو تکه‌ای

این نوع قوطی از دو قسمت بدنه و درب فوقانی تشکیل شده است و بدنه و کف یک پارچه است و توسط فرآیند کشش تولید می‌گردد و قسمت سر قوطی پس از پرکردن با موادغذایی، به بدنه دوخته می‌شود.قوطی دو تکه‌ای شامل دو نوع کششی (شکل های 10 و 12) و کششی عمیق (شکل11) است. در نوع کششی قوطی‌ها با ارتفاع کمتر از نصف قطر قوطی تهیه می‌شوند و تنها یک مرحله پرس مورد نیاز است . در صورتی که قوطی با ارتفاع بیشتری مورد نیاز باشد، طی چند مرحله کشیده می‌شود. در این قسمت استفاده از مواد روان‌ساز بسیار ضروری است. در هر حال روش کشش عمیق را می‌توان برای انوع ورق‌های فلزی (که قبلاً در مورد آلومینیوم ذکر شد) بکار برد و از مزایای مهم آن حذف درز جانبی است.



شکل 11- ساخت قوطی از ورق قلع اندود به روش کششی

شکل 12- نوعی قوطی تهیه شده به روش کششی که در آن خطوط کشش دیده می شوند

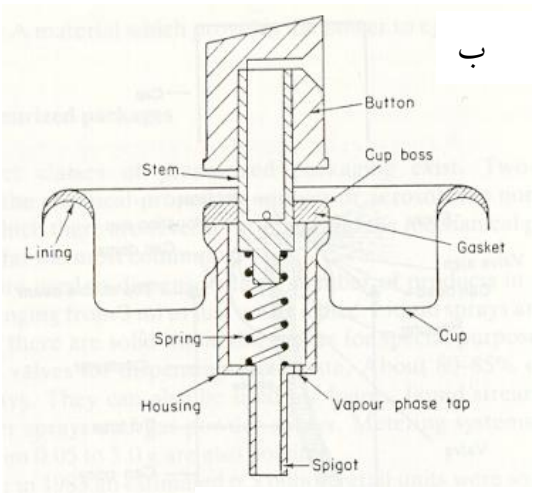
ج: قوطی‌های قابل اسپری یا آئروسول

بخش اعظم این نوع قوطی‌ها از ورق قلع‌اندود ساخته می‌شود، گرچه آلومینیوم را نیز می‌توان در تهیه آنها بکار گرفت. بخش‌های مختلف دارای ضخامت‌های متفاوتی است. ورق بدنه نازکترین بخش‌هاست و ضخامت آن بین 0/18 تا 0/38 میلی‌متر متغیر است و بستگی به قطر قوطی دارد. حالت فوق زمانی است که قطر بین 45 تا 52 میلی‌متر باشد. در صورتی که قطر بین 57 تا 76 میلی‌متر باشد از ضخامت 0/21 تا 0/44 استفاده می‌گردد. قسمتهای فوقانی و تحتانی جهت جلوگیری از بیرون‌زدگی و باز شدن قلاب‌ها و در نهایت انفجار، دارای ضخامت بیشتری هستند. بدنه این نوع قوطی نیز به روش کشش عمیق تولید می شود (شکل 13).

شکل 13 - ساخت بدنه قوطی آئروسول به روش کششی عمیق.

Valve cup، معمولاً از ورقی با ضخامت 0/266 میلی‌متر ساخته می‌شود. قوطی‌های آئروسول را می‌توان قوطی چهار قسمته دانست زیرا علاوه بر کف و بدنه دارای دو قسمت درب فوقانی گنبدی شکل و Valve cup است. (شکل14-الف). بر روی قسمت اخیر والو (شکل14-ب) قرار می‌گیرد که با فشار دادن آن، فضای داخلی

قوطی از طریق یک مجرا به فضای اتمسفر راه پیدا می‌نماید و در مواردی مثلاً پاشیدن روغن به سطوح بسیار مناسب است. صرف‌نظر از موادغذایی که در درون قوطی قرار می‌گیرد (به عنوان مثال، روغن یا خامه) از یک گاز به عنوان حامل موادغذایی نیز باید استفاده گردد، در این زمینه از گازهایی چون بوتان، ایزوبوتان و پروپان بهره برده می‌شود. استفاده از گازهای فشرده مانند دی‌اکسیدکربن و نیتروژن نیز معمول است، اما چون معمولاً خیلی سریع خارج شده بنابراین بخشی از ماده غذایی در درون قوطی باقی مانده و امکان خروج آنها وجود نخواهد داشت.



الف

شکل14- کف، درب فوقانی گنبدی شکل، Valve cup و

12- درجه سختی (Temperness)

درجه سختی ورق‌هایی که نورد سرد را گذرانده و سپس به دو روش جعبه‌ای (box) و یا مداوم (continous)، تنش زدایی شده‌اند نقش تعیین کننده در خصوصیات و کاربرد ورق‌ها دارد. جدول4 این خصوصیات را نشان می‌دهند. درکنار آن انجام نورد مضاعف نیز می‌تواند بر همین عوامل موثر باشد.

13- لعاب‌ها و پوشش‌های روی ورق قلع‌اندود

استفاده از لعاب‌های آلی به منظور جلوگیری از انجام واکنش بین موادغذایی و سطح داخلی قوطی می‌تواند مفید واقع گردد. در مواردی که البته چندان زیاد نمی‌باشد استفاده از قوطی‌هایی که فاقد لعاب بوده و

در آنها ماده غذایی درتماس با قلع می‌باشند نیز مناسب می‌باشد. قلع خاصیت رنگ‌بری داشته و می‌تواند باعث بهبود رنگ محصولاتی شود که اگر در قوطی‌های لعاب‌دار بسته‌بندی شوند رنگ آنها تیره می‌شود. لعاب‌های مورد استفاده برای پوشش سطح داخلی قوطی‌های قلع اندود را می‌توان به چند نوع تقسیم نمود که عبارتند از:

الف: الئورزین‌ها

معمول‌ترین انواع لعاب‌ها بوده و شامل نوع «R» یا لعاب‌های میوه‌ای و نوع «C» هستند. نوع «R» بطورمشخص برای حفاظت از رنگیزه میوه‌هایی که از رنگ زیادی برخوردار هستند (آلبالو، چغندر) بکار می‌رود. نوع «C» برای جلوگیری از بد رنگ شدن محصولاتی مانند ذرت، نخودفرنگی، ماکیان و غذاهای دریایی که اصطلاحاً «سولفید سیاه» نامیده می‌شود، بکار می‌رود و حاوی 15 درصد اکسید روی بوده که به عنوان یک جزء شیمیایی و نه به عنوان رنگیزه به رزین افزوده می‌شود. سولفیدهایی که در حین فرآیند و یا در زمان استریل کردن در فرآورده غذایی حاوی اسیدهای آمینه گوگرددار بوجود می‌آیند با اکسید روی ترکیب شده و مشتقات سفید یا بی‌رنگ روی را بوجود می‌آورند. این نوع پوشش، در ابتدا برای کنسروهای ذرت بکار گرفته شد و به corn enamel موسوم بود و بعدها به پوشش‌های نوع «C» تغییر نام داد. از اولئورزین‌ها معمولاً در قوطی‌هایی که در آنها فرآورده‌های اسیدی بسته‌بندی می‌شوند استفاده می‌گردد.

ب: فنولیک‌ها

در قوطی غذاهای دریایی و برخی انواع گوشت بکار می‌رود و نفوذ ناپذیری بیشتر نسبت به اولئورزین‌ها دارد هرچند انعطاف‌پذیری خوبی نداشته و حتی طعم و مزه خاصی را در غذا ایجاد می‌کنند. جهت مقاومت در برابر رنگ سولفیدی نیازی به استفاده از اکسید روی در ترکیب آنها نمی‌باشد و تحت تاثیر چربیهای حیوانی نرم نمی‌شوند.

ج: اپوکسی‌ها

مقاومت بسیار خوبی به حرارت دارند بطوری که در نواحی مجاور درز که عملیات لحیم‌کاری صورت می‌گیرد، دچار تغییر رنگ نمی‌شوند. انعطاف‌پذیری بسیار خوبی داشته و می‌توان از آنها برای ساختن دو انتهای قوطیها استفاده نمود. هیچ گونه عطر و طعم را در موادغذایی ایجاد ننموده و از این نظر بعد از وینیل‌ها قرار

می‌گیرند. اپوکسی‌ها را می‌توان با افزودن فنولیک‌ها تعدیل نموده و از آنها برای بسته‌بندی محصولاتی مانند میوه‌ها و غذاهای پرچربی استفاده نمود.

د: وینیل‌ها

این لعاب‌ها بصورت مضاعف همراه با اولئورزین‌ها و یا اپوکسی بکار می‌روند و در غذاهایی که خاصیت خورندگی بالایی داشته باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. یک نمونه آن استفاده از لایه وینیل بر روی لایه R در قسمت درز جانبی قوطی‌هایی است که برای بسته‌بندی عصاره سیب بکار می‌روند. وینیل‌ها، لعاب‌های مستحکمی بوده و عاری از طعم و بو هستند. این لعاب‌ها گرچه مقاومت خوبی به بخار آب ندارند، اما حرارت‌های تا حدود 95 درجه سانتی‌گراد و کمتر را به خوبی تحمل می‌نمایند. از دیگر انواع لعاب‌ها، می‌توان به وینیل تعدیل شده با اپوکسی و اپوکسی تعدیل شده با فنولیک و فنولیک‌های تعدیل شده اشاره نمود که به ترتیب برای بسته‌بندی میوه‌های دارای رنگ فراوان و محصولات گوشتی استفاده می‌شوند. برای لعاب دادن ورقه‌های قلع‌اندود، سطوح توسط پوشش دهنده‌های غلطکی لعاب خورده و سپس در درجه حرارت 200 تا 235 درجه سانتی‌گراد پخته می‌شوند. می‌توان لعاب‌ها را به درون قوطی و یا هر یک از بخش‌های آن نیز اسپری نمود. همانگونه که ذکر شد، عدم استفاده از لعاب می‌تواند در مواردی مفید باشد که این امر منسوب به اثر رنگ بری قلع است. از جمله این محصولات می‌توان به کنسرو کلم شور (sauerkraut)، آب گریپ‌فروت، کنسرو گلابی و یا هلو، آناناس و پرتقال اشاره نمود.

ه : پلی‌مرهای پلی‌پروپلین و پلی اتیلن تری فتالات (PET)

از این دو پلی‌مر نیز جهت لعاب دادن ورقه‌های فولادی قلع اندود استفاده می‌گردد. این پلی‌مرها به یکی از سه روش ذیل بر روی ورق قرار می‌گیرند (شکل15).

روش A : استفاده از حرارت و بدون استفاده از هر نوع چسب. در این حالت دمای ورق بیشتر از نقطه ذوب پلی‌مر (PET) است و پلی‌مر ذوب شده از حالت بلورین به صورت بی‌شکل (amorph) در می‌آید.

روش B : پلی‌مر با چسب آغشته شده و سپس روکش دهی انجام می‌گیرد و در آن دمای ورق کمتر از نقطه ذوب پلی‌مر (PET) می‌باشد و معمولاً یک سطح ورق‌های کروم اندود را با آن می‌پوشانند و سطح دیگر با لعاب‌ها و رزین‌ها آغشته خواهد شد.

روش C : نوار ورق به چسب آغشته شده و سپس با PET یا PP پوشانده می‌گردد.

لعاب‌ها معمولاً بر حسب مورد در ضخامت 0/0025 تا 0/0127 میلی‌متر به کار می‌روند و بین 3 تا 9 گرم از آنها برای پوشش هر متر مربع ورق قلع یا کروم اندود مصرف خواهد شد.

۱- آنیل جعبه‌ای (ASTM:A۶۲۳M)

علامت تمپر	HR30T	خصوصیات	کاربرد
T-1	۴۹±۳	نرم - مناسب‌برای عملیات کششی	در پوش
T-2	۵۳±۳	کشش متوسط	تابه - قوطی با نقوش برجسته
T-3	۵۷±۳	کشش پوسته‌ای	کاربردهایی که سختی ورق باید کم باشد تا چین خوردگی حداقل شود - درپوش‌های با قطر زیاد
T-4	۶۱±۳	کاربردهای عمومی	در پوش قوطی

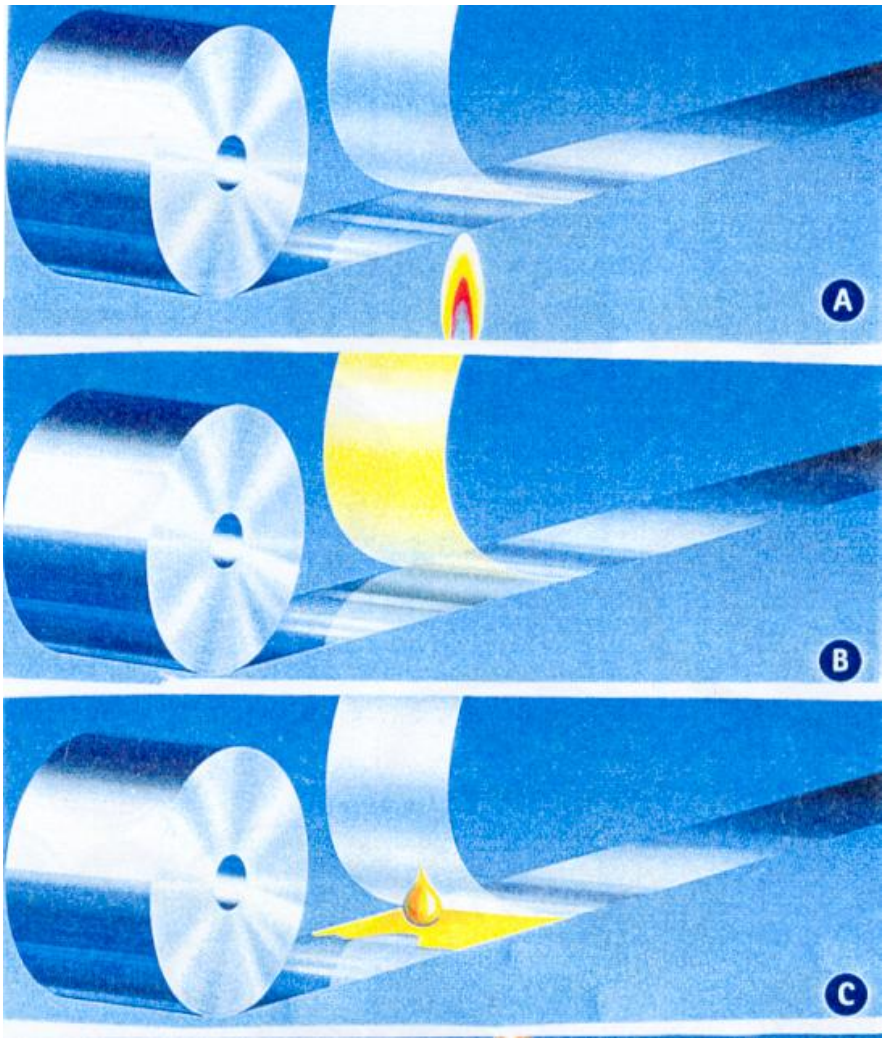
۲- آنیل مداوم (ASTM:A۶۲۳M)

علامت تمپر	HR30T	خصوصیات
T-4-CA	۵۸-۶۴	شکل‌پذیری متوسط - مقاوم در برابر چین خوردگی
T-5-CA	۶۲-۶۸	سختی مضاعف جهت مقاومت در برابر بشکه‌ای شدن

۳- نورد مضاعف (ASTM:A۶۲۳)

علامت	استحکام تسلیم MPa	HR30T	کاربرد
DR-8	۵۵۰	۷۳	بدنه قوطی و ته پوش
DR-9	۶۲۰	۷۶	بدنه قوطی و ته پوش
DR-9M	۶۶۰	۷۷	ته پوش قوطی نوشیدنی

جدول 4- تاثیر نورد سرد ونوع تنش زدایی بر خصوصیات و کاربرد ورق های فولاد



شکل15- روش های تثبیت پلی‌مر بر روی ورق قلع اندود.

14- فولاد و مایکروویو

با توجه به اینکه امواج ماکرویو امکان عبور از فولاد را ندارند بنابراین به سوی ماگنوترون بازگشته می توانند باعث اتش سوزی گردند.

15- چند اصطلاح رایج در صنعت تهیه ورق (قلع‌اندود)

1- Temper designation : میزان سختی ورق‌هایی که یک بار توسط نورد سرد ضخامت آنها کاهش یافته و نشان دهنده خواص شکل‌گیری آنها می‌باشد

2- Burr : برآمدگی در سطح ورق (حداکثر 0/05 میلی‌متر قابل قبول است).

3- camber : میزان انحناء در کناره‌های ورق و در هر متر 1/3 میلی‌متر قابل قبول است.

4- matte finish : جلای مات که پس از تثبیت قلع به روش الکترولیتی و قبل از سفیدگری دیده می‌شود.

5- cross bow : نوعی انحناء متقاطع که در طول ورق دیده می‌شود.

6- feather edge : تفاوت ضخامت ورق در عرض آن است و در فاصله 6 میلی‌متر و 25 میلی از لبه ورق اندازه‌گیری خواهد شد. تفاوت این دو نباید از 15 درصد (ضخامت موردنظر) تجاوز نماید.

7- crown : تفاوت ضخامت ورق در مرکز عرض ورق و 10 میلی‌متری لبه ورق را گویند.

8- out-of-square : میزان انحراف لبه دو ورق از خط راست هنگامی که با زاویه قائمه بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند که در هر سوی نباید از 1/5 میلی‌متر بیشتر باشد.

9- steel density : که برای ورق‌های فولادی مناسب جهت قلع اندود نمودن $^{kg}/_{m3}$ 7850 می‌باشد ($^{g}/_{cm3}$ 7/85).

10- nominal tin coating weight : مقدار قلعی که بر روی سطوح ورق فولادی قرار می‌گیرند که معمولاً اندکی کمتر از مقدار واقعی است.

11- differentially coated tin plate : نشان دهنده تفاوت در میزان قلع تثبیت شده بر هر سطح فولاد است. مثلاً D 5/6 / 2/8 ، حرف D نشان دهنده تفاوت میزان قلع در هر سطح، عدد سمت چپ، نشان دهنده میزان قلع در سطح خارجی یا بالائی و عدد سمت راست نشان دهنده میزان قلع در سطح داخلی (زیرین) می‌باشد.

فصل ششم

پلاستیک‌ها (پلی‌مرها)

مقدمه

پلاستیک‌ها را می‌توان بر حسب منشاء آنها به دو دسته طبیعی، مانند سلوفان و یا کاملاً سنتزی تقسیم‌بندی نمود. آنها را می‌توان همچنین بر اساس نحوه پلی‌مریزه شدن (کندانس شدن یا واکنش‌های اضافی) نیز دسته‌بندی کرد و بالاخره آنها را بر اساس خواص فیزیکی به دو دسته ترموپلاستیک‌ها و ترموست‌ها تفکیک می‌نمایند. پلاستیک‌ها از کشفیات قرن بیستم به حساب می‌آیند و اولین آنها سلوفان است که از سلولز و در سال 1910 تهیه شد، هرچند بعدها جای خود را به انواع سنتزی داد. ترکیب و اتصال تعداد بیشماری اتم‌های کربن از طریق پیوندهای کئووالانس، در نهایت منجر به تولید مولکولهای بزرگی خواهد شد که حاوی میلیونها اتم کربن بوده که می‌توانند در کنار خود اتم‌های اکسیژن، نیتروژن و سولفور را هم قرار دهند. ترموپلاستیک‌ها مولکول‌های رشته‌ای شکل هستند و نام خود را از خواص فیزیکی که دارا هستند می‌گیرند، بدین ترتیب که با افزایش درجه حرارت نرم شده و سپس می‌توان آنها را شکل داد و پس از سرد شدن سفت و محکم می‌شوند. ترموپلاستیک‌ها عموماً به صورت گرانول و پودر تولید می‌گردند. این دسته از مواد پلاستیکی را پلی‌مر نیز می‌گویند که بعد از اضافه کردن موادی همچون نرم کننده ها (plasticizers)، به آنها عبارت پلاستیک نیز اطلاق می‌گردد.

ترموست‌ها از شبکه‌ای که در آن پیوندهای کئووالانسی تشکیل اتصلات عرضی داده‌اند، بوجود آمده اند. این اتصالات عرضی در حین شکل‌دهی ایجاد شده و پس از آن پلاستیک به حرارت مقاوم خواهد شد. از ترموست‌ها گاهی به جهت پوشش سطح داخلی ظروف و قوطی ها که در تماس با موادغذایی هستند استفاده می‌گردد. سنتز آنها تفاوت چندانی با سنتز ترموپلاست‌ها ندارد جز آنکه در مرحله نهایی عملیات ایجاد اتصالات عرضی در سطح مولکول و سخت شدن آن صورت می‌پذیرد. در زمینه ساختار، ساده‌ترین ترکیب شیمیایی که

جهت سنتز این مواد به کار می‌رود و از آنها مولکول‌های بزرگ ساخته می‌شود، منومرها (monomers) هستند. منومرها یا به صورت غیراشباع هستند یعنی دارای یک یا چند پیوند دوگانه می‌باشند و یا آنکه از دسته ترکیباتی به شمار می‌آیند که می‌توانند دو عمل را با هم انجام دهند. هنگامی که سخن از ساخت پلاستیک (پلی‌مر) می‌شود، منظور انجام فرآیند پلی‌مریزی کردن است

1-مواد خام اولیه و فرآیند بسپاری کردن (پلی‌مریزه شدن)

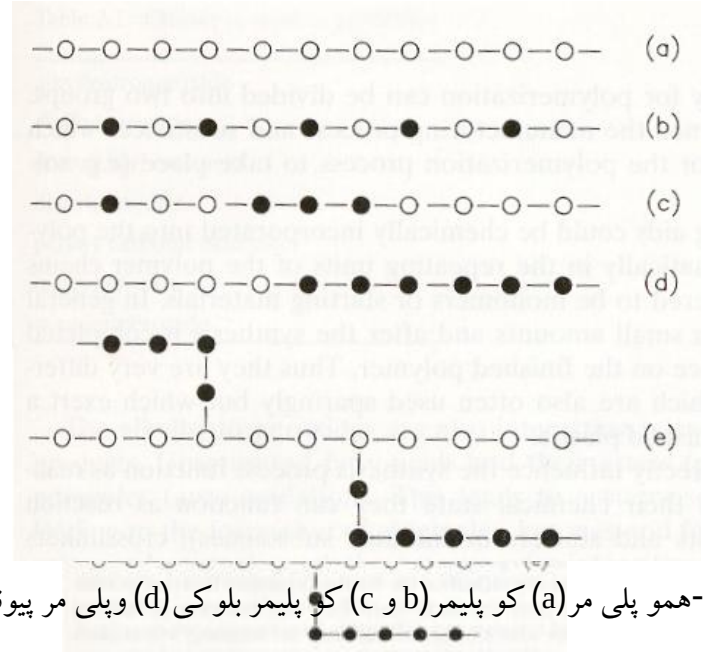
مواد اولیه جهت تولید منومرها عمدتاً نفت، گاز و گاهی زغال سنگ می‌باشند. از مواد طبیعی (منابع تجدید شونده) نیز در ابتدا استفاده می‌شد که رفته رفته جای خود را به مواد سنتزی دادند. با پیشرفت‌های صورت گرفته در آینده نه چندان دوراز پلی‌مرهای طبیعی به شکل گسترده‌ای استفاده خواهد شد. گرچه پلاستیک‌ها از پلی‌مریزه نمودن مستقیم منومرهایشان بدست می‌آیند، اما فرآیند تولید منومرها خود از چندین مرحله تشکیل شده است. در هر حال منومرها صرف‌نظر از مراحل تولید، ترکیباتی هستند که به عنوان ماده آغازین تهیه پلاستیک‌ها از آنها استفاده می‌گردد.

2- کوپلی‌مرها (Copolymers)

در صورتی که پلی‌مر صرفاً از یک نوع منومر تهیه شده باشد، به آن هموپلی‌مر می‌گویند، حال آنکه مخلوطی از منومرهای متفاوت، یک کوپلی‌مر را بوجود می‌آورد که در حالت اخیر انواع مختلفی می‌تواند داشته باشد. مثلاً به صورت یک در میان و یا چند در میان باشد. در کوپلی‌مرهای بلوکی، چندین منومر در کنار هم قرار گرفته‌اند. در کوپلی‌مرهای نوع پیوندی (graft)، وضعیت مانند کوپلی‌مرهای بلوکی است با این تفاوت که اتصال منومرهای متفاوت با منومرهای اولیه به صورت شاخه‌ای دیده می‌شود (شکل1) .

3- مواد شیمیایی مصرفی به هنگام تولید پلی‌مر

الف-کمک فرآیندها که خود به دو دسته تقسیم می‌شوند، آنهایی که مستقیماً در فرآیند ساخت مؤثرند و آنهایی که محیط مناسبی برای انجام فرآیندهای پلی‌مریزه شدن مهیا می‌نمایند (مانند حلال‌ها و امولسیفایرها). این ترکیبات در ساختار پلی‌مر نهایی دیده نمی‌شوند و به مقدار بسیار کم مصرف می‌گردند و پس از پایان واکنش هیچ تأثیری بر محصول تمام شده ندارند. از دستهٔ اول می‌توان به کاتالیزورها، ایجاد کننده‌های اتصالات عرضی، کنترل کننده‌های کاتالیزورها، اشاره نمود. کاتالیزورها مانند فلزات، اکسیدهای فلزی، نمک‌ها و ترکیبات آزو (Azo)، متفاوت بوده، هرچند با فعالیت آنها واکنش‌های زنجیره‌ای پلی‌مریزه شدن آغاز خواهند شد. از دسته دوم به جز حلال‌ها و امولسیفایرها، می‌توان به رسوب دهنده‌ها، ضدکف‌ها، تنظیم کننده‌های pH، تثبیت کننده‌ها اشاره نمود.



شکل1-همو پلی مر(a) کو پلیمر(b و c) کو پلیمر بلوکی(d) وپلی مر پیوندی(e)

4- افزودنی‌ها به مواد پلاستیکی

با توجه به استفاده گسترده از مواد پلاستیکی در زمینه‌هایی چون بسته‌بندی موادغذایی، کشاورزی، پزشکی و ... ضروری است که به انتقال احتمالی منومرها، الیگومرها، کمک فرآیندها و مواد افزودنی به پلاستیک توجه کافی مبذول گردد چراکه همگی از دسته ترکیباتی با وزن مولکولی پائین هستند. به هر روی ذکر این نکته نیز جالب خواهد بود که بدانیم برای تولید مواد پلی‌مری مناسب جهت استفاده در صنعت بسته‌بندی موادغذایی و یا پزشکی، نیاز به افزودن موادی به ترکیب پلی‌مر مربوط می‌باشد. هر یک از این

افزودنیها تأثیر مشخصی را بر پلی‌مر می‌گذارند. در جدول 2 می‌توان پلی‌مرهای پر مصرف که جهت بسته‌بندی موادغذایی بکار می‌روند و در تماس با غذا هستند و نیز افزودنیهایی که بر حسب مورد به آنها افزوده می‌شود را ملاحظه نمود.

جدول 2 افزودنیهای مصرفی در پلاستیکهای مورد استفاده جهت بسته‌بندی موادغذایی

نوع افزودنی	نوع پلی‌مر						
	HDPE	**LDPE**	**PP**	**PS**	**PA**	**PET**	**PVC**
مواد تشکیل دهنده هسته			+		+	+	
روان کننده‌ها	+	+	+	+			+
مواد ضد الکتریسیته ساکن	+	+	+	+	+	+	+
مواد کمک‌کننده به ایجاد حجم							+
نرم کننده‌ها					+		+
آنتی‌اکسیدان فنلی	+	+	+	+	+	+	+
مواد جاذب نور ماوراءبنفش	+	+	+	+	+	+	
تثبیت‌کننده‌های حرارتی							+
ضد اسیدها	+	+	+			+	
خشک‌کننده‌ها						+	+
ضد مه	+	+				+	+
رنگ‌ها	+	+	+	+	+	+	+

الف- مواد تشکیل دهنده هسته (Nucleating agents)

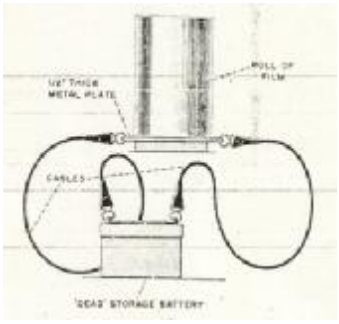
برای نیل به خواص پایدار و ساختار نیمه بلورین در پلاستیک‌ها، از موادی به نام «مواد تشکیل‌دهنده هسته» برای ایجاد هسته‌های هتروژن در مذاب و تهیه بلورهایی با اندازه منظم استفاده می‌گردد. این مواد تأثیر خود را از طریق ایجاد یک شبکه ژله‌ای در درون پلی مر و یا فراهم نمودن نقاطی که عمل تشکیل هسته از آنجا آغاز می‌گردد، به انجام می‌رسانند. از جمله این مواد می‌توان به املاح سدیمی و فسفات‌های آلی، نمک‌های بنزوئیک یا فتالیک اسید اشاره نمود. در مورد PP از گل رس و یا سیلیس بسیار نرم در حد 0/1 تا 0/3 درصد استفاده می‌گردد و در مورد PET و PA از موادی که شباهت تامی به این دو پلی‌مر دارند استفاده می‌شود.

ب: روان‌کننده‌ها (lubrieants)

موادی هستند که بر اصطکاک داخلی و خارجی پلی‌مرها تأثیر می‌نهند و این اثر را بواسطه تغییر در رئولوژی پلی‌مر مذاب، ایجاد می‌کنند، زیرا که قادر به کاهش ویسکوزیته پلاستیک مذاب خواهند بود. از جمله این ترکیبات می‌توان به الکل‌های چرب، اسیدهای چرب، آمیدها، دی‌آمیدها، موم‌های پارافینی و ... اشاره نمود. حلالیت روان کننده‌ها در پلی‌مرها از اصل قدیمی «مشابه در مشابه حل می‌شود» (*Simili Similia Solvuntur*) تبعیت می‌کند و مطابق این اصل به عنوان مثال، روان‌کننده‌های غیر قطبی (مانند موم) در پلی‌اولفین‌ها (PP و PE) حل می‌شوند، حال آنکه اسیدهای چرب و استر در آنها حل نمی‌شوند. گاهی موادی چون ژل سیلیکا و پودرگچ را هم که در اصل ضد بلوکه شدن پلی‌مرها هستند به عنوان روان‌کننده خارجی (external lubricants) می‌شناسند. از روان‌کننده‌ها در PVC در حد 0/3 تا 0/8 درصد، در پلی‌اولفین‌ها، در حد 0/1 تا 0/2 درصد استفاده می‌گردد. در مورد L-LDPE به صورت اختصاصی فلوروپلی‌مرها کاربرد دارد.

ج- مواد ضد الکتریسیته ساکن (Antistatic agents)

از جمله مشکلات موجود در پلاستیک‌ها، وجود الکتریسیته ساکن در آنهاست که گاهی می‌تواند باعث آتش‌سوزی نیز گردد. برای رفع این نقیصه در گذشته با استفاده از یک سیستم ساده و عمل تخلیه بارها صورت می‌گرفت (شکل 2) اما اکنون این عمل با استفاده از افزودنیهای یونی و انجام می‌شود.



شکل2- تخلیه بار الکتریکی پلی مر با استفاده از باطری از کار افتاده

با استفاده از این مواد (که یا روی سطح پلی‌مر قرار می‌گیرند و یا به پلی‌مر هنگام فرآیند اضافه می‌شوند)، قسمت هیدروفوب آن ها به ماکرومولکول (پلی‌مر) متصل شده و آن را از تماس مستقیم با رطوبت هوا باز می‌دارد. از

سوی دیگر بخش هیدروفیل (ماده ضد الکتریسیته ساکن) جذب آب را میسر نموده و هدایت الکتریکی بر روی سطح را افزایش می‌دهد و بنابراین از تجمع الکتریسیته ساکن جلوگیری خواهد نمود. این عمل نه تنها از جرقه زدن لایه‌ها جلوگیری می‌نماید، بلکه نشستن گرد و غبار بر روی سطح پلی‌مر را نیز مانع می‌گردد. از ترکیبات یونی مورد استفاده می‌توان به املاح سولفونیوم، فسفونیوم و آمونیوم اشاره کرد و در مورد ترکیبات غیریونی نیز پلی‌اتیلن گلیکول قابل ذکر است. از مواد یونی برای پلاستیک‌های قطبی مانند PVC و PS استفاده می‌شود و از غیریونی‌ها هم در مورد پلی الفینها (PO) غلظت این مواد حداکثر 0/1 تا 2 درصد خواهد بود.

د- مواد کمک کننده به ایجاد حجم (Blowing agents)

در پلی‌مرهایی مانند PVC و PS که جهت ساخت ظروف یکبار مصرف کاربرد دارند، ایجاد حجم نقش زیادی دارد و معمولاً از ترکیباتی که گازهای خنثی را تولید می‌نمایند استفاده می‌گردد که از آن جمله می‌توان به دی‌ایزوپروپیل هیدراز و دی‌کربوکسیدات و اشاره کرد.

ه- نرم کننده‌ها (Plasticizers)

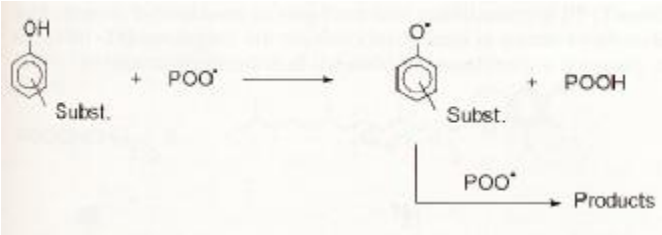
افزودنیهایی هستند که پلی‌مر را به صورت ژل درآورده و فرآیندپذیری و انعطاف آن را از طریق کاهش ویسکوزیته حالت مذاب و Tg افزایش می‌دهند، بدون آنکه خصوصیات شیمیایی پلی‌مر را تغییر دهند. نرم کننده‌ها به دو دسته داخلی و خارجی تقسیم می‌شوند. در حالت اول نرم کننده بواسطه نیروهای فیزیکی (واندروالس) به پلی‌مر متصل می‌شود و اثر محسوسی را از خود به جای می‌نهد. در صورتی که از نوع خارجی استفاده شود، تبخیر نرم کننده و یا هیدرولیز آن تحت تأثیر حرارت و یا اکسید شدن می‌تواند مشکلاتی را ایجاد نماید. با توجه به اینکه نرم کننده‌ها عموماً دارای وزن مولکولی پایینی هستند و نیز از آنجا که در غلظت‌های بالا از آنها استفاده می‌شود، بنابراین تماس آنها با ماده غذایی نیز خطر آفرین خواهد بود و بنابراین نرم کننده‌های خارجی با وزن مولکولی بالا دارای ارجحیت استفاده هستند. نرم کننده‌های آلی با نقطه جوش بالاتر از 300 درجه سانتی‌گراد اکنون در دسترس است که از آن جمله می‌توان، دی (2-اتیل هگزیل) فتالات، دی(2- اتیل

هگزیل) ادیپات، فسفات‌های آلی و ... را نام برد. فسفات‌ها از شعله‌ور شدن نیز جلوگیری کرده، مانع از دود کردن می‌شوند. مقدار مصرف آنها نباید از 35 درصد فراتر رود. اگر از فیلم PVC با نفوذپذیری خوب به اکسیژن جهت بسته‌بندی گوشت استفاده شود، نباید از نرم کننده‌های فسفاته یا فتالات استفاده شود و مقدار کل نرم کننده نیز نباید از 22 درصد بیشتر شود. برخی از نرم کننده‌ها در صورتی که بیش از 15 درصد آنها در فرمول قرار گیرد، به دلیل ایجاد حالت orientation و تشکیل نواحی بلورین باعث شکننده شدن پلی‌مر می‌شوند که در این حالت به آنها «مواد ضد نرم کننده» گفته می‌شود. بهرحال با تنظیم مقدار و سهم این نرم کننده‌ها می‌توان بر این مشکل غلبه نمود. از نرم کننده‌های داخلی پلی‌اتیلن وینیل استات قابل ذکر است (با 45 درصد وینیل استات) در صورتی که پلی‌مر از نوعPVDC باشد حداکثر 5 درصد از استرهای سباسیت (sebacate)یا سیترات و حداکثر 10 درصد از سایر نرم کننده‌های پلی‌مری می‌توان استفاده کرد.

و- آنتی‌اکسیدان‌ها

پلی‌مرها هم مانند برخی ترکیبات آلی تحت تأثیر گرما و یا نور ماوراءبنفش (400-300 نانومتر) اکسیده شوند. نحوه اکسید شدن پلی‌مرها تحت تأثیر عوامل فوق به این صورت است که ابتدا ماکرو رادیکال (P°) تشکیل می‌گردد که سپس به فرم اکسید شده الکیل پروکسیل (POO°) در می‌آید که ترکیب اخیر تولید هیدروپراکسید (POOH) می‌کند. تجزیه POOH و تولید PO° این زنجیره را تداوم خواهد بخشید. با توجه به اینکه شروع اکسیداسیون پلی‌مرها توسط حرارت یا نور است بنابراین آنتی‌اکسیدانها را هم می‌توان به دو دسته کلی تقسیم نمود:

1- *آنتی‌اکسیدانهای زنجیره شکن* که اکثراً از دسته آنتی‌اکسیدانهای فنلی هستند که خواص آنتی‌اکسیدانی بسیار خوبی دارند، هرچند ممکن است ایجاد بد رنگی کرده و یا در درجه حرارت‌های بالاتر از 150 درجه سانتی‌گراد از اثرشان کاسته شود. نحوه اثر آنها را می‌توان در شکل 3 مشاهده نمود.



شکل 3- نحوه اثر انتی اکسیدانهای فنلی در پلی مرها

اخیراً از α-DL- توکوفرول نیز استفاده می‌گردد. در سطح تجاری نیز دی(اکتادسیل) هیدروکسیل آمین را هم می‌توان به عنوان آنتی اکسیدان استفاده کرد.

2- *آنتی اکسیدانهای تجزیه کننده هیدروپراکسید*که در این حالت از موادی که می‌توانند POOH را به الکل احیا نمایند، استفاده می‌شود. از این دسته مواد ترکیبات سولفوردار آلی و فسفری سه ظرفیتی قابل ذکر هستند. از ترکیبات سولفوردار، دی‌آلکیل تیودی پروپیونات و دی اُکتادسیل دی‌سولفید به همراه آنتی اکسیدانهای فنلی جهت ایجاد حالت پایدار در پلیمرهایی مانند PP استفاده می‌شوند و مقدار آنها بیشتر از مقدار ترکیبات فنلی است ولی در هرحال نباید از 0/75 درصد تجاوز نماید. ترکیبات سه ظرفیتی فسفری از تثبیت کننده‌هایی هستند که به همراه آنتی‌اکسیدانها بکار رفته و اثر آنها را تشدید نموده و یا از آنها حفاظت می‌کنند. در مواردی مثلاً در فرآیند PO، از احیا فنول‌ها جلوگیری می‌کنند، در PET با شلات کردن یونهای فلزی (که ممکن است به دلیل استفاده از کاتالیزوردر پلی‌مر موجود باشند)، آن را پایدار می‌نمایند و در PVC، اتم‌های کلر را غیرفعال می‌نمایند. از جمله آنها، فسفیت‌های خطی مانند تریس (دودسیل) فسفیت قابل نام بردن است. آنتی اکسیدانهایی هم وجود دارند که به صورت *فوتوآنتی‌اکسیدان* عمل می‌نمایند ولی استفاده از آنها در پلی‌مرهایی که در تماس با موادغذایی هستند چندان زیاد نمی باشد و بیشتر در محصولاتی که توسط اشعه گاما استریل می‌گردند کاربرد دارند.

ز- *مواد جاذب نور ماوراءبنفش (UV absorbers)*

پلی‌مرهای خطی عموماً قادر به جذب نور در ناحیه ماوراءبنفش نیستند که در این حالت، عبور نور و تأثیر آن بر پلی‌مر می‌تواند منجر به تجزیه پلی‌مر شود. کاربرد تثبیت کننده‌های نوری (photostabilizers) جهت

حفاظت مواد پلاستیکی که در معرض نور مستقیم هستند، اجباری است و در حالت ایده آل لازم است که هر دو نوع نور ماوراءبنفش A و B را جذب نماید وشامل مشتقات فنولی بنزوفنون ، اکسامید و α- سیانواکریلات و در حد 0/25 تا 0/5 درصد می باشند.

ح - تثبیت کننده‌های حرارتی (Heat stabilizers)

به طور خاص برای PVC که از ثبات خوبی در مقابل حرارت برخوردار نیست، بکار می‌رود. از جمله مشکلات حین شکل‌دهی و اکسترود کردن PVC ، تشکیل اسید هیدروکلریک است که به تدریج تولید پیوندهای دو گانه کربن – کربن (C = C) می‌نماید که می‌تواند نور را جذب نماید و باعث بد رنگی PVC شود. از جمله این مواد می‌توان، ترکیبات صابونی باریم، کلسیم و روی را نام برد که در حد 1/5 تا 3 درصد در فرمول وارد می‌گردند.

ط - آنتی اسیدها (Antiacids)

از اجزاء بسیار مهم که به PO ، PVC ، PA و PET اضافه می‌شوند، آنتی اسیدها هستند که در حین فرآیند باعث حفظ ویسکوزیته پلی‌مر مذاب شده و درمحصول نهایی (لایه یا ظرف) ثبات حرارتی را در درازمدت حفظ می‌کنند. آنتی اسیدها شامل املاح کلسیم و روی، اسیدهای ضعیف آلی (مانند اسید لاکتیک) و یا اسیدهای ضعیف غیرآلی (اسید کربنیک)، استرهای اولئیک اسید، روغن‌های اپوکسی شده سویا، آفتابگردان و بزرک می‌باشند. این مواد، اسیدهایی را که در حین فرآیند PO به روش زیگلر تولید می‌شوند خنثی می‌نمایند و خاصیت روان‌سازی نیز داشته و از تأثیر مخرب کشش به هنگام شکل‌دهی پلی‌مر می‌کاهند.

ی - خشک کننده‌ها (Dehydrating agents)

پلی اتیلن تری فتالات در حین ذوب شدن، تحت تأثیر محیط اسیدی و در حضور آب، هیدرولیز می‌گردد و در این شرایط لازم است میزان رطوبت در حد کمتر از 0/005 درصد باشد که این عمل را می‌توان با افزودن bis (2 و 6 دی، tert بوتیل فنیل کاربودی آمید) به انجام رساند.

ک- ترکیبات ضد مه (Anti fogging agent)

حفظ شفافیت بسته خصوصاً هنگامی که یک ماده غذایی حاوی رطوبت زیاد در آنها بسته‌بندی شده حائز اهمیت بسیاری است. با توجه به اینکه استفاده از بسته‌های مشبک می‌تواند منجر به خشک شدن محصول و یا پژمرده شدن آن گردد، در بسته های کاملا مسدود استفاده از ترکیبات ضد مه که خاصیت فعالیت سطحی خوبی دارند مانند پلی (اکسی اتیلن) سوربیتان منو اولئات می‌تواند کاملاً موثر باشد.

ل- رنگ‌ها

باعث ایجاد رنگ می‌شوند که این عمل را یا به دلیل ایجاد توجه به محصول و یا برای انجام تاثیری مشخص انجام می‌دهند. رنگ‌ها را می‌توان یا با پلی‌مر مخلوط نمود و یا آنکه مانند مرکب چاپ به صورت لایه روی سطح پلی‌مر قرار داد. از رنگیزه‌های معدنی مانند دی‌اکسیدتیتانیوم، اکسید روی و یا کربن سیاه (دوده) به شکل موثری جهت مقابله با عبور نور از بسته استفاده می‌گردد. اکسیدهای رنگی آهن و رنگیزه‌های آلی مانند ترکیبات آزو نیز به عنوان عوامل تولید رنگ کاربرد دارند. به منظور افزایش روشنی و جلای رنگ از ترکیبات و مواد فلورنسی که اثر روشن کنندگی بر رنگ دارند نیز استفاده می‌گردد. این ترکیبات با جذب نور UV و سپس بازتاب آن به رنگ‌های بنفش یا آبی، تاثیر رنگ را بهتر می‌نمایند. از جمله این مواد می‌توان به مشتقات بنزو زازول‌ها و فنیل‌کومارین اشاره نمود.

م- پرکننده‌ها و مقاوم سازها (Fillers and reinforeinog agents)

عمدتاً به صورت افزودنیهای معدنی پودری شکل هستند که از جمله آنها کربنات کلسیم، تالک (سیلیکات هیدراته منیزیم)، کائولین (سیلیکات هیدراته آلومینیوم)، میکا (سیلیکات مضاعف پتاسیم و آلومینیوم) و سیلیکا (دی‌اکسید سیلیس) را می‌توان نام برد. این مواد باعث افزایش جرم شده، خواص مکانیکی مثلاً مقاومت به ضربه و خواص فیزیکی، مثلاً مقاومت به گرما و شعله را بهبود می‌بخشند. از الیاف شیشه، کربن و پلی‌استر هم برای افزایش استحکام ظروف بزرگ پلی‌مری استفاده می‌گردد.

5- ساختار پلی‌مرها

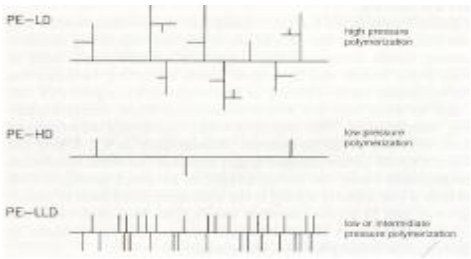
ماهیت و خواص هر پلی‌مر تابعی از ساختمان شیمیایی، جرم و مواد بدان افزوده شده می‌باشد. زنجیره مولکولی هر پلی‌مر، اسکلت اصلی آن را شکل می‌دهد و به سه گروه می‌توان آن را تقسیم نمود.

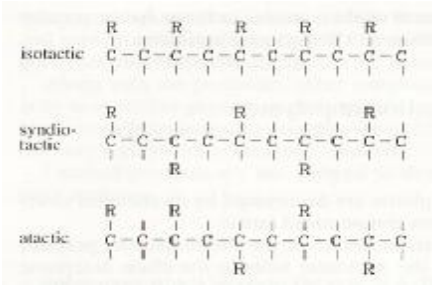
الف: زنجیره‌هایی که صرفاً از کربن شکل گرفته‌اند که ممکن است در طول خود بدون جایگزین بوده (مانند پلی اتیلن) و یا دارای یک یا چند جایگزین باشند (مانند پلی وینیل‌ها) .

ب: زنجیره‌هایی که دارای اتم‌های متفاوتی مانند اکسیژن، نیتروژن، فسفر و گوگرد باشند. از این گروه می‌توان پلی‌آمیدها را نام برد.

ج: زنجیره‌هایی که کاملاً از اتم‌های متفاوتی تشکیل شده‌اند و از این گروه به سیلیکون‌ها می‌توان اشاره کرد. عناصر موجود در زنجیره پلی‌مر و پیوندهای کئووالانس موجود بین آنها، در پیش‌بینی خواص یک ترموپلاستیک کمک بسیاری می‌نمایند. نیروهای بین مولکولی موجود در ترموپلاست‌ها می‌توانند شامل نیروهای نه چندان قوی واندروالس باشد که پیوند بین کربن‌ها و ئیدروژن‌ها را می‌سازند و با افزایش درجه حرارت به سادگی از تعداد آنها کاسته می‌شود. در صورتی که هترو اتم‌ها در مولکول وجود داشته باشند پیوندهای قطبی قویتری مانند دی‌پل‌ها تشکیل می‌شوند و باعث می‌گردند تا ترموپلاست مربوطه قویتر باشد. یکی از این پیوندهای دی‌پل، پیوند هیدروژنه است که بین گروههای OH و NH یک زنجیره و اتم‌های اکسیژن زنجیره دیگر برقرار می‌شود و به عنوان مثال عامل استحکام در پلی‌مرهایی مانند پلی‌آمید محسوب می‌شوند، هرچند که قابلیت نامطلوب جذب آب را نیز افزایش می‌دهند. از دیگر نکاتی که در این زمینه باید به آن توجه نمود، آن است که پلی‌مرهای بدون استخلاف فاقد ایزومر فضائی هستند، حال آنکه انواع استخلاف‌دار آنها تعداد زیادی ایزومر فضایی دارد. بر همین مبنا، ایزومرهای *ایزوتاکتیک* (isotactic)، *سیندیوتاکتیک* (syndiotactic) و *اَتاکتیک* (atactic) دیده می‌شود. پلی‌استیرن که از طریق پلی‌مریزه شدن رادیکالی بدست می‌آید، از نوع اَتاکتیک می‌باشد یعنی گروههای فنیل متصل به اتم‌های یک در میان کربن، دارای توزیعی

تصادفی بوده می‌توانند بر روی هر دو طرف زنجیره پلی‌مری بنشینند. در صورتی که همین پلی‌مر با استفاده از روش زیگلر بدست آید دارای ساختار ایزوتاکتیک خواهد بود (شکل 4). در همین زمینه نظم موجود بر روی زنجیره از نظر نحوه قرار گرفتن گروهها، عامل مطلوبی بشمار می‌آید. در عمل زنجیره دارای تعداد کم یا زیاد شاخه‌های جانبی است که می‌تواند بدلیل نوع فرآیند انجام گرفته شده باشد و خواص پلی‌مر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این تفاوت را در نحوه پلی‌مریزه شدن پلی‌اتیلن می‌توان مشاهده نمود (شکل 5).





شکل های 4 و 5- آرایش فضایی زنجیره پلی مر(راست) و نحوه انشعاب زنجیره در پلی اتیلن

وجود زنجیره‌های جانبی و ساختار اَتاکتیک (نامنظم)، ایجاد شبکه بلورین را در پلی‌مرهای ترموپلاست مختل نموده، حال آنکه ساختار ایزوتاکتیک و غیر منشعب، به تشکیل شبکه کمک می‌نماید. با افزایش تبلور، دانسیته، قدرت و استحکام افزایش یافته، هرچند از میزان شفافیت و فرآیند پذیری پلاستیک کاسته خواهد شد، طبیعی است با افزایش شدید در شکل‌گیری این شبکه، مثلاً از طریق ایجاد اتصالات عرضی، امکان فرآیند پلی‌مر فراهم نخواهد شد و پلی‌مر ترموست بدست می‌آید که افزایش درجه حرارت برگسستن پیوندها تأثیری نداشته و در نهایت باعث نابودی پلی‌مر می‌گردد. خواص پلاستیک‌ها تحت تأثیر طول و نحوه توزیع زنجیره‌ها نیز می‌باشد. وزن مولکولی یک پلی‌مر اثر محسوسی بر خواص آن دارد.

6- تراکم در پلی‌مرها

هر ترکیبی با وزن مولکولی پائین می‌تواند به یکی از سه حالت مایع، جامد و یا گاز بسته به درجه حرارت و فشار محیط وجود داشته باشد. انتقال از یک حالت به حالت دیگر کاملاً مشخص بوده و در همین رابطه است

که نقطه ذوب و نقطه جوش تعریف می‌گردند. در حالت جامد مولکول‌های کوچک معمولاً به صورت بلورهای منظم در کنار هم قرار دارند حال آنکه مولکول‌های بزرگ اکثراً دارای ساختار نامنظم و بی‌شکل (amorph) هستند. یک تفاوت عمده مابین ماکرو ملکول ها و پلی مر ها ان است که پلی مر ها دارای ساختار توأم بی‌شکل و بلورین می‌باشند. در نواحی بی‌شکل پلی‌مرها، تغییر حالت کاملاً مشخص نبوده و در یک دامنه‌ای از درجه حرارت رخ می‌دهد. علت این امر را تحرک زنجیره پلی‌مری می‌دانند یعنی که زنجیره دارای آزادی جنبش است و برخی بخش‌های آن دارای چرخش می‌باشند هرچند که زنجیره در کل فاقد چنین خاصیتی است. یک راه اندازه‌گیری میزان جنبش زنجیره، اندازه‌گیری درجه حرارت glass transition (Tg) و نقطه انجماد است (جدول 3) در بالاتر از این درجه حرارت زنجیره پلی‌مری آزادانه حرکت نموده و پلی مر حالت لاستیکی و پلاستیکی دارد. در پائین‌تر از این درجه حرارت، جنبش متوقف شده و پلی‌مر حالت شیشه‌ای و سخت پیدا می‌کند. اگر یک پلی‌مر بی‌شکل (amorph) در بالاتر از Tg حرارت داده شود و سپس در معرض کشش قرار گیرد، آنگاه مولکولها خود را در جهت کشش، هماهنگ (align) می‌نماید. حال اگر پلی‌مر تا کمتر از Tg سرد شود در حالیکه همچنان تحت کشش است، مولکول‌ها به صورت جهت داده شده (oriented)، تثبیت می‌شوند. این جهت‌دهی تأثیر زیادی را بر پلی‌مر می‌گذارد و پلی‌مر بدین ترتیب آنیزوتروپ (anisotropic) یا چندوجهی می‌شود. جهت‌دهی یک طرفه (uniaxial) یا دو طرفه (biaxial) که اکنون در صنعت تهیه لایه‌های پلی‌مری مرسوم است، معمولاً باعث بهبود خواص پلی‌مر می‌گردد.

جدول 3- Tg و وزن مخصوص پلی مرهای رایج در بسته بندی مواد غذایی

Polymer	Abbreviation	Density (g/cm^3)	Glass tr. temp. (°C)
Low-density polyethylene	LDPE	0.915–0.94	–30 ± 15
High-density polyethylene	HDPE	0.945–0.964	–30 ± 15
Linear low-density polyethylene	LLDPE	0.90–0.935	–30 ± 15
Poly-4-methylpentene-1	P4MP1 (PMP)	0.83	55
Polypropylene	PP	0.90–0.91	–17 ± 5
Polystyrene	PS	1.04–1.12	80–100
Acrylonitrile-butadiene-styrene polymer	ABS	1.03–1.07	–
Polymethyl methacrylate	PMMA	1.18–1.24	99–104
Polyvinyl acetate	PVAC	1.19	28–31
Polyvinyl alcohol	PVAL (PVA)	1.19–1.27	70–85
Ethylene-vinyl acetate copolymer	EVA	0.91–0.97	–
Polyvinyl chloride	PVC	1.39–1.43	80–100
Polytetrafluoroethylene	PTFE	2.28–2.30	115–125
Polyethylene terephthalate	PETP (PET)	1.37	67–81
Polybutylene terephthalate	PBTP (PBT)	1.3–1.5	48–55
Polycarbonate	PC	1.20–1.24	120–150
Polyoxymethylene	POM	1.42–1.435	188–199
Polyamide	PA	1.12–1.14	50–60

اگر یک مولکول پلی‌مر دارای ساختار منظم بقدر کافی باشد، می‌توان درجه‌ای از تبلور را در آن مشاهده نمود که محدود به پلی‌مرهایی است که دارای ساختمان خطی و یا کمی شاخه‌دار می‌باشند و مثال‌ها در این زمینه پلی‌اتیلن، پلی‌ترافلوئورواتیلن و رزین‌های استالی هستند. هرچه میزان تبلور کمتر باشد، سختی پلی‌مر کمتر خواهد بود. تفاوت این نوع تبلور با آنچه در قندها و نمک‌ها دیده می‌شود آن است که در قندها و املاح تبلور منفرد وجود دارد حال آنکه در پلی‌مرها، تبلور مضاعف و چندگانه دیده می‌شود. در تبلور منفرد، ذرات بلور شروع به رشد می‌نمایند، حال آنکه در نوع چندگانه، خوشه‌ای از بلورهای منفرد در کنار هم قرار گرفته‌اند.

7- خواص فیزیکوشیمیایی پلاستیکها

خواص متعدد پلاستیکها، باعث شده تا از آنها در موارد متعدد استفاده گردد، گرچه گاهی ترکیبی از خواص جذابیت آنها را جهت استفاده به عنوان پوشش افزایش می‌دهد.

الف- وزن مخصوص پائین

وزن مخصوص این دسته از مواد بین 0/9 تا 1/4 گرم بر سانتی‌متر مکعب است که اگر با وزن مخصوص شیشه $2/6\ g/cm^3$ ، آلومینیوم $2/7\ g/cm^3$ ، سلوفان پوشیده شده با پلی‌مر $1/5\ g/cm^3$ و فولاد $8\ g/cm^3$ مقایسه شود، مزیت نسبی آن مشخص می‌گردد. گرچه فولاد و شیشه از نسبت $\frac{\text{قابلیت به کشش}}{\text{وزن}}$ بالاتری برخوردار هستند، اما باید توجه نمود که در مورد شیشه برای مقابله با شکستگی، ضخامت فراتر از حد مورد نیاز باید درنظر گرفته شود و در مورد فلزات نیز همین امر برای جلوگیری از خم شدن ورق فلزی مورد ملاحظه قرار می‌گیرد بنا بر این با توجه به وزن مخصوص پائین، اثر آنها بر وزن نهایی محصول چندان نخواهد بود.

ب: مقاومت به شکستگی

در این زمینه کاملاً برتر از شیشه بوده و روز به روز جای شیشه را می‌گیرند.

ج: سهولت در بندی

براحتی می‌توان با استفاده از فرآیند حرارتی، لبه‌های یک پوشش پلاستیکی را به یکدیگر چسباند. از همین خاصیت است که در موارد دیگری که پوشش‌ها قابلیت بهم چسبیدن حرارتی را ندارند (مثلاً در کاغذ، سلوفان و آلومینیوم) به صورت روکش استفاده می‌گردد.

د: انعطاف‌پذیری به هنگام ساخت

مواد پلاستیکی را براحتی می‌توان به صورت انواع لایه‌ها و ظروف شکل داد.

ه: نفوذناپذیری به اکسیژن و بخار آب

بسیاری از موادغذایی نسبت به اکسیژن و بخار آب حساس هستند. مثال‌ها در این زمینه به ترتیب روغن‌ها و محصولاتی مانند کراکر می‌باشند. هرچند شیشه، فولاد و ورق آلومینیومی کاملاً به گازها و بخار آب نفوذ ناپذیرند، اما پلاستیکها با فاصله بسیار اندک پس از آنها قرار می‌گیرند. استفاده از چندین لایه پلی‌مری هم می‌تواند این خاصیت را به شدت بهبود بخشد.

و: حفاظت در مقابل بو

با جلوگیری از عبور بو خصوصا در ضخامت‌های بالا و لایه‌دار، محصول را از آلوده‌شدن به بوهای نامطبوع حفظ می‌کند.

ز: چاپ‌پذیری

گرچه مانند کاغذ نمی‌باشد، اما با توجه به اینکه تیمارهای اولیه کمتری در مقایسه با کاغذ نیاز دارد در نهایت ارزانتر خواهد بود.

ح: پوشش‌دهی بسیار خوب به لایه‌های فلزی

در این مورد می‌توان به ورق‌های آلومینیومی بسیار نازک با روکش پلاستیکی اشاره نمود.

ط: عدم تأثیر بر عطر و بو

خصوصاً در مواردی که در تماس مستقیم با ماده غذایی هستند دارای اهمیت است. البته در مواردی مـثلاً استفاده از پلی‌اولئوفین‌ها (PO)، مواد معطره موجود در عصاره‌ها مثلاً عصاره پرتقال جذب پلی‌مر می گردد.

ی: مقاومت به پارگی و سوراخ شدن

باعث شده است تا برتری بالایی نسبت به کاغذ، سلوفان و آلومینیوم داشـته باشـد. ضـمن آنکـه در زمینـه مقاومت به تا خوردن‌های متوالی (flex life) هم دارای ارجحیت نسبت به آلومینیوم هستند.

ک: انعطاف‌پذیری در درجه حرارت‌های پائین

برخلاف سلوفان که در دمای کمتر از 5 درجه سانتی‌گراد شکننده می‌شود، به سرما مقاوم است.

ل: امکان کنترل فضای بسته

پلاستیک‌ها تا حدودی به گازها نفوذپذیری دارند و همین امر نقـش مثبتـی را در اسـتفاده از آنهـا جهـت بسته‌بندی برخی محصولات که دارای تنفس بالایی پس از برداشت هستند، دارد.شکل 6 نفوذ پـذیری/ناپـذیری تعدادی از پلی مر ها را نشان می دهد

م: امکان کنترل نور و ظاهر بسته

لایه‌های پلاستیکی ممکن است کاملاً شفاف یا اندکی کدر باشند، اما می‌توان با افزودن رنگیزه آنها را به صورت مات در آورد. در مواردی که نشان دادن محتوای بسته مطلوب است می‌توان لایه‌های شفاف را اسـتفاده نمود و در مواردی که محتوا به نور حساس است، با استفاده از رنگیزه مناسب می‌توان مانع از عبور نور شد.

ن: Glass transition temperature (Tg)

یعنی درجه حرارتی که در آن رزین‌های ترموپلاست از حالت شکننده بـه حالـت نـرم و لاسـتیکی تغییـر می‌کنند. پلی‌مرهایی که دارای Tg پائین هستند در درجه حرارتهای پائین سفت ولـی قابـل انعطـاف مـی‌باشـند و آنهایی که دارای Tg بالا باشند در درجه حرارت یخچال شـکننده بـوده ولـی مقاومـت بهتـری نسـبت بـه درجـه حرارت‌های بالا دارند.

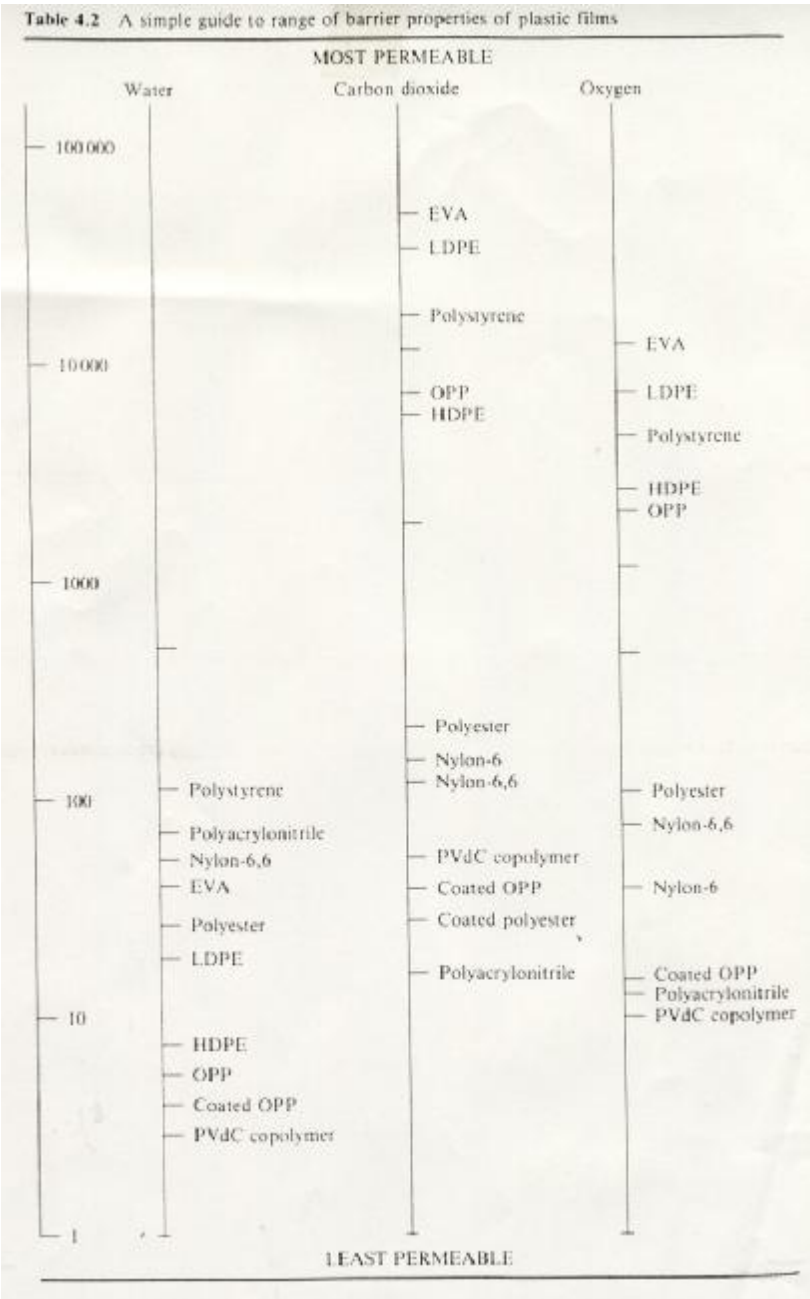
7- انواع پلاستیک‌ها

ترموپلاست ها

الف: پلی‌اتیلن

پرمصرف‌ترین پلاستیک به شمار می‌آید که تولید آن در سال 1990 بالغ بر 40 میلیون تن بوده است که از این مقدار، 16 میلیون تن از نوع پلی‌اتیلن سبک (LDPE)، 8 میلیون تن از نوع خطی سبک (LLDPE) و مابقی پلی‌اتیلن سنگین (HDPE) بوده است. تولید آن از سال 1936 با استفاده از فرآیند پلی‌مریزه کردن واحدهای اتیلنی در فشار بالا آغاز گردید. نوع سبک آن دارای وزن مخصوص 0/915 تا 0/94 گرم بر سانتی‌متر مکعب است. تولید HDPE از سال 1953 و در فشار پائین و با روشی که زیگلر ابداع نمود یعنی استفاده از کاتالیزورهای فلزی شروع شد و دانسیته آن 0/945 گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد ولی انواع دیگری با وزن مخصوص بالاتر (0/96) نیز تولید شده است. با افزودن مقادیر کمی پروپن، 1- بوتن، 1- هگزن و یا 1- اکتن (شکل 4) به اتیلن می‌توان شاخه‌های جانبی کوتاهی بر روی زنجیره اصلی پلی‌مر ایجاد نمود. در این حالت پلی‌مر خطی (linear) گفته می‌شود زیرا فاقد شاخه‌های طویل جانبی است. با این وضعیت و در پلی‌اتیلن بسیار سبک (VLDPE) وزن مخصوص به 0/9 گرم بر سانتی‌متر مکعب کاهش می‌یابد. گاهی به پلی‌اتیلن، پلی‌متیلن نیز اطلاق می‌گردد که نام پیشنهادی IUPAC است و شامل پلی‌اتیلن‌هایی است که به کمک دیازومتان‌ها تولید شده‌اند. در این پلی‌مر شاخه جانبی وجود نداشته و بالاترین دانسیته را در میان انواع پلی‌اتیلن‌ها داراست (0/98) پلی‌اتیلن، ترموپلاستی مومی شکل است که در دمای 80 تا 130 درجه سانتی‌گراد نرم شده و از ثبات شیمیایی خوبی برخوردار می‌باشد. خواص مکانیکی آن بستگی به وزن مولکولی و تعداد شاخه‌های جانبی دارد و می‌توان براحتی و توسط حرارت ، درزبندی نمود. از استحکام مناسبی برخوردار بوده و الاستیسیته خوبی دارد. همچنین مقاومت خوبی نسبت به سرما داشته و مانع خوبی در برابر بخار آب است، اما نوع سبک آن مانع خوبی برای گازها، عطر و بو و چربیها نیست. با افزایش دانسیته تمام خواص ممانعتی (barrier properties)

همراه با سفتی و استحکام آن افزایش می‌یابد که در واقع بـدلیل تبلـور بیشـتر مـی‌باشـد. نفوذپـذیری HDPE بـه گازها حدود $^{1}/_{5}$ پلی‌اتیلن سبک است. همزمان مقاومت به ضربه، مقاومت به شکنندگی، مقاومت در برابر سرما و بالاخره شفافیت آن کاهش خواهد یافت.

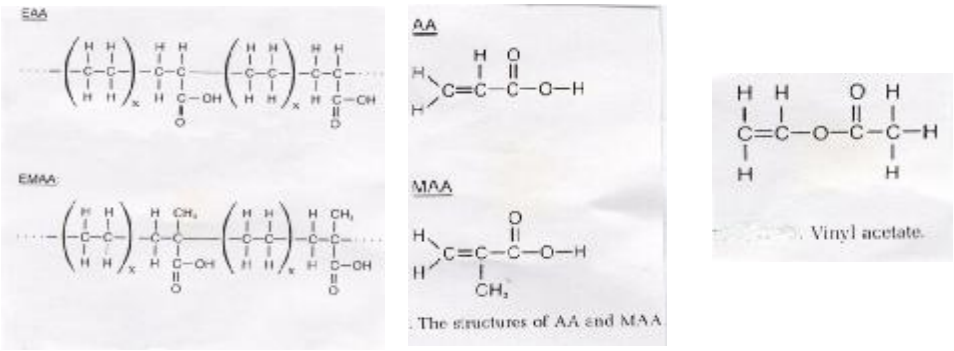


شکل 6 نفوذ پذیری ناپذیری تعدادی از پلی مر ها

از آنجا که پلی‌اتیلن یکپلی‌مر هیدروکربنی متبلور است بنابراین در درجه حرارت اتاق هیچ نوع حلالی قادر به حل نمودن آن نمی‌باشد. فرآیند پلی‌اتیلن معمولاً در درجه حرارت‌های 150 تا 210 درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود ولی در مواردی مانند انجام روکش بر روی کاغذ، درجه حرارت به 300 درجه سانتی‌گراد نیز می‌رسد. پلی‌اتیلن در این درجه حرارت‌ها و در اتمسفر خنثی، کاملاً با ثبات می‌باشد. در این شرایط ضروری است که غلظت اکسیژن در حداقل مقدار ممکن باشد. ثبات شیمیایی این پلی‌مر قابل مقایسه با پارافین است و تحت تأثیر اسیدها و قلیاهای معدنی قرار نمی‌گیرد. اسید نیتریک آن را اکسید نموده و هالوژن‌ها با ایجاد استخلاف بر آن اثر می‌گذارند. با کلرینه نمودن آن در حضور دی‌اکسید سولفور، گروههای کلر و سولفونیل کلراید به درون پلی‌مر راه یافته، الاستومر تشکیل می‌گردد. اکسید شدن آن که می‌تواند منجر به بروز تغییراتی در ساختار آن گردد، در درجه حرارت حدود $50^{\circ}C$ نیز دیده شده ضمن آنکه این واکنش‌ها تحت تأثیر نور ماوراء بنفش در درجه حرارت اتاق نیز ممکن است اتفاق بیفتد.

به منظور تثبیت بهتر جوهر چاپ بر روی سطح پلی‌اتیلن، اکسید شدن سطح ضروری است. این عمل یا از طریق شعله و یا تیمار هاله‌ای (corna treatment یا coronation) انجام می‌شود. در حین این عمل و تحت تأثیر فرآیند اکسید شدن، بوی نامطبوعی تولید می‌گردد که عمدتاً بدلیل وجود کتون‌ها و آلدئیدها است. از پلی‌اتیلن سبک معمولاً به صورت لایه‌هایی با ضخامت 15 تا 250 میکرومتر استفاده می‌شود. از کاربردهای آن می‌توان تشکیل لایه‌ایی در میان لایه‌های دیگر (lamination)، تهیه کیسه‌های مخصوص خرید و کیسه زباله اشاره کرد. پوشش جعبه‌های مقوایی و کاغذ با آن نه تنها مقوا و کاغذ را نسبت به رطوبت نفوذناپذیر می‌نماید بلکه امکان چسباندن لبه‌های آن با حرارت را نیز میسر می‌نماید. از پلی‌اتیلن سبک می‌توان ظروف نیز تهیه نمود. مهمترین کاربرد پلی‌اتیلن سنگین، تولید ظروف به روش تزریقی است و به عنوان مثال می‌توان به جعبه‌های نوشابه اشاره نمود گرچه از آن برای تهیه لایه نیز استفاده می‌گردد. این نوع پلی‌اتیلن در مقایسه با نوع سبک خود، مقاومت بهتری نسبت به چربی و عطر و بو دارد و بنابراین برای بسته‌بندی گوشت مناسب می‌باشد. تهیه کوپلی‌مرهای آن

همراه با وینیل استات (VA)، اکریلیک اسید (AA) و متااکریلیک اسید (MAA) (شکل 7)، قابلیت چسبندگی توسط حرارت و مقاومت لایه‌های بهم چسبیده نسبت به جدا شدن را افزایش می‌دهد ضمن آنکه پلی‌مر حاصله از شفافیت و مقاومت به سرمای بهتری برخوردار خواهد شد. اتیلن وینیل استات (EVA) اگر به صورت فیلم‌های قابل جمع شدن (shrink films) درآید جهت بسه‌بندی گوشت بسیار مناسب است زیرا نفوذپذیری خوبی نسبت به گاز دارد و باعث تخریب میوگلوبین و اکسی میوگلوبین و تبدیل آنها به مت میوگلوبین نخواهد شد.

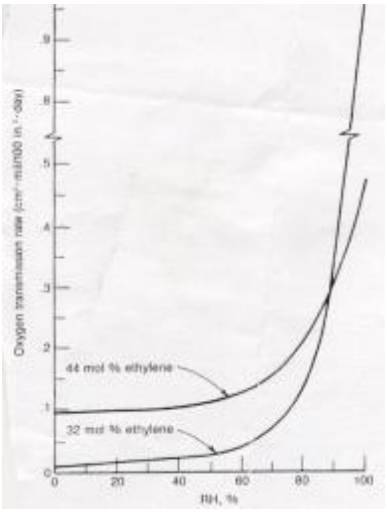


شکل 7- کوپلی‌مرهای وینیل استات (VA)، اکریلیک اسید (AA) و متااکریلیک اسید (MAA)

EVA از آنجا که دارای هر دو خاصیت قطبی و غیرقطبی به صورت همزمان است، می‌تواند در مواردی که یک رزین قطبی مانند پلی‌آمید با یک رزین غیر قطبی مانند پلی‌اتیلن توسط extruder به صورت فیلم چند لایه در می‌آیند، به عنوان لایه میانی عمل نموده و دو لایه را به هم متصل نماید. پلی‌اتیلن اگر دارای 5 تا 15 درصد AA و MAA باشد چسبندگی بسیار خوبی به ورق‌های بسیار نازک آلومینیومی پیدا خواهد نمود و دارای شفافیت و استحکام بهتری در مقایسه با پلی‌اتیلن سبک است. از دیگر کوپلی‌مرهای اتیلن، می‌توان به اتیلن وینیل الکل (EVOH) اشاره نمود. در ابتدا از طریق سنتز EVA که در آن مقادیر زیادی VA مصرف می‌شود، تولید می‌گردد، سپس EVA حاصله با متانول و کاتالیزور مناسب ترکیب شده تا EVOH بدست آید. میزان اتیلن در آن بین 30 تا 45 درصد متغیر است و خواص ممانعتی آن منحصر به فرد می‌باشد و با توجه به اینکه نفوذناپذیری بالایی نسبت به اکسیژن دارد، از آن در تهیه فیلم‌های چند لایه استفاده می‌گردد. این پلی‌مر در رطوبت‌های تا 60

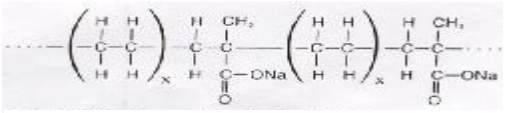
درصد نفوذناپذیری خوبی نسبت به اکسیژن دارد ولی پس از آن این خاصیت به شدت کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش میزان اتیلن در پلی‌مر، نفوذناپذیری کم می‌گردد (شکل8).

EVOH علیرغم تمام مزایا، گران قیمت می‌باشد و بنابراین صرفاً در مواردی که نیاز به لایه‌هایی با نفوذناپذیری بسیار بالا باشد از آن بهره گرفته می‌شود.



شکل8- تاثیر مقدار اتیلن در EVOH بر نفوذ پذیری آن به اکسیژن در رطوبت های نسبی متفاوت

از دیگر کوپلی‌مرهای PE، یونومرها (Ionomers) را می‌توان نام برد.این دسته از مواد که پلی‌مرهایی با گروههای کربوکسیل یونیزه شده هستند (مثلاًدر EMAA)، در صورتیکه با ترکیباتی از منیزیوم، روی، کلسیم و یا سدیم (مثلاً استات منیزیم) ترکیب شوند، اتم هیدروژن عامل کربوکسیل با عنصر فلزی جایگزین می‌گردد (شکل9).



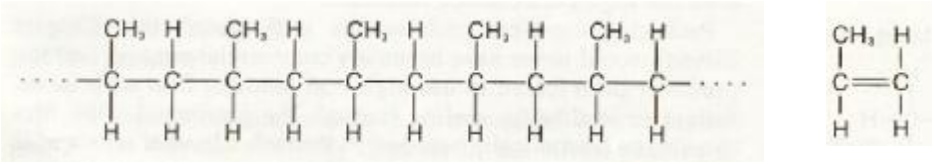
شکل 9-یونومر سدیم

به این ترتیب پلی‌مری بدست می آید که از سفتی خوبی برخوردار بوده، در درجه حرارت‌های بالا انعطاف‌پذیری خوبی دارد و خاصیت چسبندگی پلی‌مر را تحت تاثیر حرارت به شدت بهبود می‌بخشد و به همین دلیل در تشکیل لایه‌ها از آن به عنوان چسب استفاده می‌گردد و به مرور زمان ضمن حفظ لایه‌ها کنار هم، از پوسته پوسته شدن آنها جلوگیری می‌نماید. یونومر اگر به صورت لایه تولید شود (با نام تجاری surlyn)، نفوذپذیری بالایی به رطوبت دارد (تبلور کم) هرچند که مقاومت آن نسبت به روغن‌ها و چربیها بسیار عالی

است. حداکثر مقدار روی مصرفی 3/5 درصد است و در صورتیکه همراه با اتیلن، پروپیلن و بوتیلن باشد، می‌توان از آن مستقیماً در تماس با موادغذایی استفاده کرد.

ب: پلی‌پروپیلن (PP)

با تولید 21 میلیون تن از آن در سال 1986، سومین پلاستیک تولیدی در جهان پس ازپلی اتیلن و پلی وینیل کلراید بوده است پلی‌پروپیلن از یک زنجیره خطی هیدروکربوری ساخته شده و بنابراین خواص آن کاملاً شبیه به پلی‌اتیلن است



شکل 10- پروپیلن و پلی پروپیلن

معمولاً فرم ایزوتاکتیک آن تولید می‌گردد (شکل 10) که خواص جالبی را نیز بدنبال دارد. در صورتی که PP به صورت هموپلی‌مر باشد از سبک‌ترین پلی‌مرها خواهد بود و وزن مخصوص آن بین 0/9 تا 0/91 گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. نقطه ذوب نوع خالص آن 176 درجه سانتی‌گراد ولی محصول تجارتی در دامنه 160 تا 170 درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شود که از درجه حرارت حدود 140 درجه سانتی‌گراد آغاز می‌شود و بسیار بالاتر از نقطه ذوب پلی‌اتیلن می‌باشد. ثبات شیمیایی آن شبیه به پلی‌اتیلن سنگین بوده و در درجه حرارتهای بالا در هیدروکربورهای کلرینه حل می‌شود. به دلیل وجود اتم‌های کربن نوع سوم (CH3) بی‌اثر بودن شیمیایی آن کمتر از سایر پلی‌مرها بوده و در این زمینه حساس‌ترین پلی‌مر نسبت به اکسید شدن می‌باشد و بنابراین افزودن آنتی‌اکسیدان به آن ضروری است. این پلی‌مر مقاومت خوبی به بخار آب و چربی دارد ولی از آنجا که لایه‌های آن مقاومت خوبی به سرما ندارند، از آنها کمتر جهت بسته بندی موادغذایی که باید در یخچال نگهداری شوند استفاده می‌گردد. در اینگونه موارد آنها را همراه با لایه‌های اتیلن تولید می‌نمایند تا ضمن افزایش مقاومت به سرما، مقاومت لایه خصوصاً در محل لبه‌های بهم چسبیده توسط حرارت افزایش یابد.

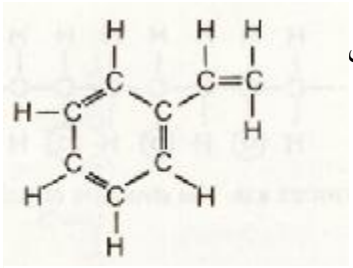
پلی‌پروپلین ماده مناسبی برای فرآیندهای تولید ظروف و فیلم با استفاده از اکسترودر و تزریق می‌باشد. بطری‌های تولید شده توسط PP، مقاومت خوبی را به حرارت داشته و بنابراین می‌توان از آنها جهت محصولاتی که به صورت گرما گرم وارد بطری می‌شوند استفاده نمود. پلی‌پروپیلن را می‌توان از دو جهت کشید (biaxially orientation) که در این حالت خواص آن بهبود می‌یابد. البته این عمل با اشکالی هم روبرو است و آن عدم اتصال مناسب لبه‌های فیلم جهت داده شده توسط حرارت می‌باشد که برای رفع آن، فیلم جهت داده شده با یک لایه مناسب روکش می‌شود. با استفاده از لایه PP در وسط و دو لایه مقاوم به حرارت در دو طرف و سپس کشیدن آنها می‌توان به لایه‌ای که خاصیت چسبندگی حرارتی خوبی دارد حتی در ضخامت 1 میکرومتر دست یافت. در صورتی که هدف استفاده از PP در غذاهای حساس باشد، می‌توان آن را با پلی وینیلیدن کلراید و یا پلی‌وینیل استات، EVA ، LDPE و ... پوشش داد. پلی‌مرهای ترکیبی اخیر توانسته‌اند در سالهای اخیر به خوبی جای سلوفان را در بازار پر کنند. یکی از خواص بسیار جالب این پلی‌مر آن است که صفحات نازک آن مقاومت خوبی به تا شدن‌های مکرر دارد و بنابراین می‌توان از آن درب‌هایی ساخت که حالت مفصلی و لولایی دارند. (شکل 12).

شکل 12- در لولایی مخصوص شربت شکلاتی

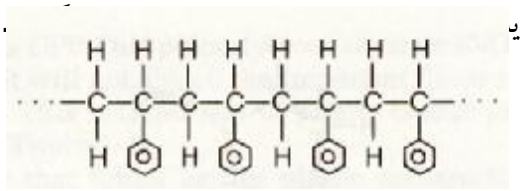
ح: پلی‌استیرن (PS)

از پلی‌مریزه کردن واحدهای استیرن بدست می‌آید (شکل13 الف و ب) و زنجیره پلی‌مری با وزن مولکولی بین 4000 تا 220000 بدست می‌آید و می‌توان آن را در درجه حرارت 150 تا 300 درجه سانتی‌گراد

فرآیند و شکل‌دهی نمود. محصولات حاصل از آن سخت، شفاف و براق بوده و به بسیاری از مواد شیمیایی مقاوم می‌باشند. مشکل عمده این پلی‌مر، شکننده بودن آن است. از آنجا که نفوذپذیری آن به گاز و بخارها بسیار زیاد است، از آن عمدتاً برای بسته‌بندی محصولاتی که عمر نگهداری کوتاهی آن هم در یخچال داشته، و چربی ناچیزی دارند، استفاده می‌شود. در این زمینه می‌توان به محصولاتی مانند ماست، بستنی، پنیر، خامه و قارچ اشاره نمود. پلی را جذب می‌نماید.



شکل 13 (الف) منومر استیرن



شکل 13 (ب) پلی استیرن

همچنین می‌توان از آن برای جداسازی میوه‌های تازه، تخم مرغ و برخی انواع شیرینی‌ها استفاده کرد. در سالهای اخیر، این پلی‌مر به دلیل قیمت بالاتر از PP جای خود را در مواردی به PP داده است. نقطه ذوب این پلی‌مر حدود 88 درجه سانتی‌گراد است. از آنجا که دارای شفافیت خوبی است از آن می‌توان به عنوان پنجره در جعبه‌ها (مثلاً محصولات pasta) استفاده کرد (شکل 14).

شکل 14- پنجره شفاف از جنس PSجهت نمایش محتوای بسته لازانیا

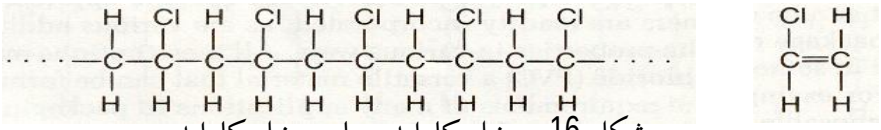
لایه‌های PS ، نفوذناپذیری ناچیزی به رطوبت و گازها دارند. کوپلی‌مریزه کردن آن با بوتادی‌ان، مقاومت آن را به ضربه افزایش می‌دهد و تولید محصولی را می‌نماید که اصطلاحاً پلی‌استیرن مقاوم به ضربه (high impact poly styrene, HIPS) می‌گویند. پلی‌استیرن در هیدروکربورهای هالوژنه، اترها، استرها و کتون‌ها حل می‌شود ولی نسبت به محلول نمک‌ها، بازها و محلول‌های رقیق اسیدی مقاومت از خود نشان می‌دهد. در حضور اکسیژن و تحت تاثیر نور UV، به رنگ زرد در آمده و شکننده می‌گردد. امروزه از آن به شکل گسترده‌ایی برای تهیه لیوان‌های شرب مایعات و ظروف یکبار مصرف استفاده می‌گردد. یکی دیگر از کوپلی‌مرهای آن، اَستیرن- اَکریلونیتریل (SAN) است که خواص بهتری در رابطه با مقاومت به روغن‌ها و چربیها و عطر و بو نسبت به PS دارد. یکی از کوپلی‌مرهای آن که توجه زیادی را به خود جلب نمود ترکیب اَکریلونیتریل – بوتادی اِن – استیرن (ABS) است که نسبت به بسیاری از مواد شیمیایی مقاوم بوده، مقاومت بسیار خوبی نسبت به سرما دارد و بالاخره با افزودن حدود 6 درصد هیدروکربورهای با وزن مولکولی کم، برای مثال پنتان و یا هگزان می‌توان آن را به صورت کف مانند در آورد. این ساختار کف آلود ولی محکم که به آن «پلی‌استیرن گسترش یافته» (extended polystyrene, EPS) گفته می‌شود دارای دانسیته پائینی بوده و از آن در بسته‌بندی تخم مرغ (شکل 15) و ظروف مخصوص گوشت قرمز و یا سفید استفاده می‌گردد.

شکل 15- شانه تخم مرغ از جنس EPS

EPS نفوذناپذیری بسیار ناچیزی به گازها دارد و در صورتی که بسته نیاز به محافظت در مقابل گازها داشته باشد، استفاده از یک لایه مناسب ضروری است.

د: پلی‌وینیل کلراید (PVC)

توانایی وینیل کلراید در تشکیل یک پلی‌مر از حدود 150 سال قبل شناخته شد. پلی‌مریزه کردن وینیل کلراید (شکل 16) در درجه حرارت‌های40-80 درجه سانتی گراد انجام گرفته و منومرهای وینیل کلراید که مانند اتیلن و پروپیلن دارای باندهای دوگانه هستند، شکسته شده و پشت سر هم قرار می‌گیرند. علیرغم آنکه PVC حتی در خالص‌ترین شکل خود، از ثبات برخوردار نیست، اما دومین پلاستیک مصرفی در جهان به شمار می‌آید، هرچند که از تثبیت کننده و سایر مواد افزودنی در آن به شکل گسترده‌ای استفاده می‌گردد. تا سال 1971 میزان تولید آن با پلی‌اتیلن برابری می‌نمود، اما از این سال به بعد، به دلیل اثرات سوء آن بر سلامتی افراد کاهش محسوسی در تولید آن ایجاد شده زیرا میزان مجاز منومر وینیل کلراید باقیمانده در پلی‌مر که عامل خطرناک به حساب می آید به کمتر از 1 پی پی ام در حال حاضر رسیده است و کاهش بیشتر تولید این پلیمر در دستور کار قرار دارد و اکنون پلی‌پروپیلن جایگزین شده است.



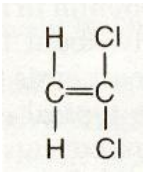
شکل 16- وینیل کلراید و پلی وینیل کلراید

PVC نسبت به ترکیبات غیرقطبی و شدیداً قطبی مقاوم است، اما در ترکیباتی که دارای قطبیت متوسط هستند مانند سایکلوهگزان، دی‌متیل فرمالدئید، استون و ... متورم شده و سپس حل می‌شود که می‌تواند ناشی از تا حدودی قطبی بودن این پلی مر باشد. از آنجا که حالت شکننده دارد، از نرم کننده‌ها (plastieizers) در آن استفاده می‌گردد. این مواد هنگامی که با پلی‌مر مخلوط شوند به خوبی بین زنجیره‌ها قرار می‌گیرند و فاصله بین آنها را افزایش می‌دهند. بدین ترتیب نیروی بین مولکولی کاهش یافته و مولکولها براحتی روی هم می‌لغزند. از معایب این پلی‌مر می‌توان به وزن مخصوص بالا اشاره نمود (بدلیل وجود یون کلر در ترکیب) و بنابراین در مقایسه با PE و PP، وزن بیشتری از پلی‌مر به ازای سطح برابر مصرف می‌گردد. همچنین به مرور زمان، نرم کننده ها تبخیر شده و بنابراین شکنندگی افزایش می‌یابد. در اثر سوختن، تولید اسید کلریدریک نموده و امکان

انتقال و مهاجرت منومرهای آن همراه با نرم کننده‌ها به داخل موادغذایی وجود دارد. مزیت نسبی آن، قیمت ارزان آن می‌باشد.

ه: پلی‌وینیلیدن کلراید (PVDC)

از پلی‌مریزه نمودن وینیلیدن کلراید (شکل 17) همراه با منومرهای وینیل کلراید بدست می‌آید. دارای خواص ممانعتی عالی و استثنایی است و این بدلیل کاملاً کنار هم قرار گرفتن رشته‌های پلی‌مر است که فاقد هرگونه فضای خالی و یا انشعاب بین خود هستند. میزان کلر موجود در این پلی‌مر حدود 73 درصد است و این امر باعث شده تا وزن مخصوص آن زیاد و بین $^{g}/_{cm3}$ 1/8-1/97 باشد. در صنعت بسته‌بندی از این پلی‌مر بیشتر به صورت لایه‌های نازک و آن هم در لایه‌گذاری (lamination) استفاده می‌گردد و به عنوان روکش بر روی کاغذ سلوفان و OPP کاربرد فراوان دارد و در ضخامت‌های 25 تا 75 میکرومتر استفاده می‌شود. ساران (saran) یکی از محصولات تجاری و مشهور این پلی‌مر است که از کوپلی‌مریزه کردن PVDC و PVC بدست می‌آید و کاملاً شفاف، نرم و قوی و با خواص ممانعتی بسیار خوب است و خاصیت cling (خود چسبی لبه‌ها بدون استفاده از حرارت) را به خوبی داراست.

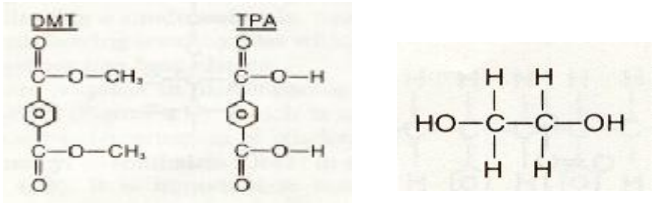


شکل 17- وینیلیدن کلراید

و: پلی‌استرها

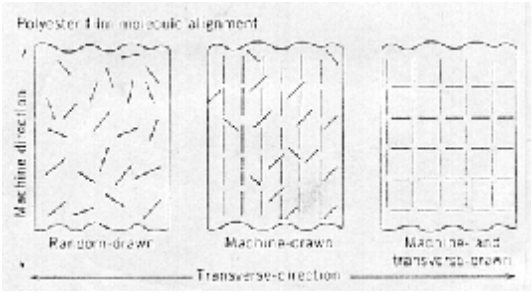
از پلی‌مرهایی است که به روش کندانس تولید می‌گردد. از معروفترین انواع این دسته می‌توان به پلی‌اتیلن تری فتالات (PET) و پلی‌بوتیلن تری‌فتالات (PBT) اشاره نمود. تولید آن در سال 1997 به جز آنچه در مورد الیاف بکار رفته، حدود 4 میلیون تن بوده است. از ترکیبات متعددی همچون تری‌فتالیک اسید، ایزوفتالیک اسید، ادیپیک اسید، سباسیک اسید، اتیلن گلیکول، بوتان دی اُل، تری فتالیک اسید متیل استر و ... جهت ساخت ظروف و لایه‌های در تماس با موادغذایی می‌توان استفاده نمود. پلی‌استرها ترکیباتی خطی و اشباع

هستند که معمولاً از طریق پیوند بین اتیلن گلیکول و دی متیل تری فتالات (DMT) و یا تری فتالیک اسید (TPA) (شکل 18) بدست می‌آیند. این ترموپلاست حتی در درجه حرارت‌های پائین نسبت به ضربه مقاوم بوده و سطح آن نسبت به فرسایش کاملاً مقاوم است. خواص ممانعتی خوبی را نسبت به گازها، عطر و طعم و چربی دارد و تنها نقطه ضعف آن، عبور بخار آب هرچند به مقدار بسیار ناچیز می‌باشد. پلی استر را همانند پروپیلن می‌توان از دو جهت کشید (biaxially orientation) که در این حالت شفافیت و استحکام آن زیادتر خواهد شد (شکل 19).



شکل 18- اتیلن گلیکول، دی متیل تری فتالات (DMT) و تری فتالیک اسید (TPA)

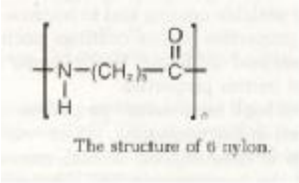
لایه‌هایی با ضخامت 12 میکرومتر که بوسیله جهت دادن (orientation) بدست آمده‌اند به وفور در میان سایر لایه‌ها جهت افزایش خواص ممانعتی بکار می‌رود. در صورتیکه ظروف مقوایی با لایه‌ای از PET یا PBT پوشش داده شود می‌توان از آن حتی در فرهای معمولی با درجه حرارت 220 درجه سانتی‌گراد نیز استفاده نمود. بیشترین کاربرد این پلی‌مر در صنایع بسته‌بندی موادغذایی اکنون ساخت بطری‌های نوشابه می‌باشد.



شکل 19- تاثیر "جهت دهی دو طرفه بر ساختار درونی پلی مر(پلی استر)

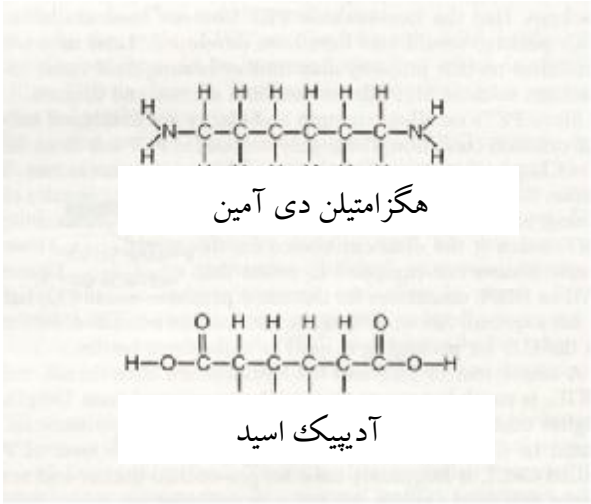
ز: پلی‌آمیدها (PA)

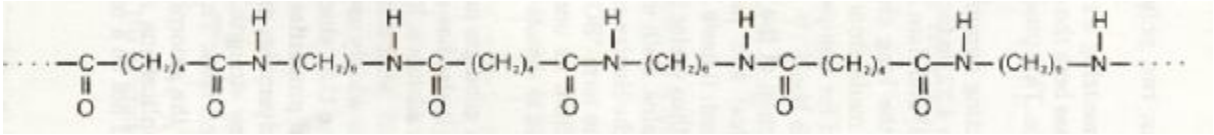
واژه‌ایی است که برای آن دسته از رزین‌ها که از طریق پلی‌مریزه کردن کندانسی یک اسید آلی با یک آمین تهیه می‌شوند، بکار می‌رود و با نام تجاری نایلون (nylon) از شهرت بسیاری برخوردار هستند. تعداد اتم‌های کربن موجود در منومرهای آن، بصورت یک کد برای تشخیص پلی‌آمیدها از یکدیگر بکار می‌رود. در صورتی که تهیه نایلون صرفاً از طریق پلی‌مریزه نمودن کاپرولاکتام انجام شود، نایلون تولیدی از نوع 6 خواهد بود.



شکل 20- کاپرولاکتام

نایلون6و6 به پلی‌آمیدی اطلاق می‌گردد که از ترکیب آدیپیک اسید و هگزامتیلن دی آمین که هر یک دارای 6 اتم کربن هستند بوجود آمده است.(شکل 21).





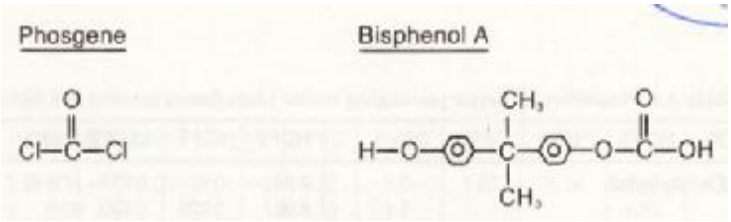
شکل 21- نایلون 6و6 و اجزای ان

این پلی‌مر از آنجا که در ساختار خود دارای گروه CONH است، بنابراین در بین ملکول‌های بزرگ آن که در کنار هم قرار دارند، پیوندهای هیدروژنه تشکیل می‌گردد و در نتیجه PA پلی‌مری سخت، مقاوم به حرارت و تا حدودی متبلور است. قابلیت جذب آب آن نسبتاً خوب است و به دنبال این عمل پلی‌مر تا حدودی نرم خواهد

شد. هرچند خواص ممانعتی خوبی در مقابل گازها و عطر و بو دارد، اما نفوذناپـذیری آن در مقابـل آب و بخـار آن چندان زیاد نمی‌باشد. این پلی‌مر را نیز می‌توان به صورت «جهت داده شـده» تهیـه نمـود کـه باعـث افـزایش خواص مکانیکی و نفوذناپذیری خواهد شد. بدلیل نفوذپذیری نسبتاً خوب به رطوبـت و بخـار آب، از آن بـرای پوشش خمیر فرآورده‌های گوشتی (farsh) و تهیه فراورده هایی چون سوسیس می‌توان استفاده نمـود. بیشـترین کاربرد را در صنایع بسته‌بندی موادغذایی در فیلم‌های چند لایه دارد. همچنین در فراورده هایی کـه بایـد تحـت خلاء یا گاز خنثی نگهداری شوند، مانند قهوه و شیر خشک، می‌توان از این پلی‌مر همراه با لایه PE (به صـورت کوپلی‌مر) استفاده نمود. در بسته‌هایی که تحـت عنـوان «bag-in-a-box» بـه بـازار عرضـه مـی‌شـوند (مـثلاً آب میوه‌ها) کیسه داخلی از جنس پلی‌آمید همراه با لایه‌های دیگر است.

ح: پلی‌کربنات (PC)

از پلی‌مرهای گران قیمت است کـه از ترکیـب فسـژن (phosgene) و بیسـفنل (bisphenol) (شـکل 22) بدست می‌آید و از استحکام و مقاومت بسیار بالایی برخوردار است. درجه حرارت تا 135 درجه سانتی‌گـراد را به خوبی تحمل می‌نماید. پلی‌کربنات از پلی‌مرهای بی‌شکل (amorph) است و بنابراین نیـازی بـه «جهـت‌دهـی» ندارد. در مقایسه با سایر پلی‌مرها نفوذپذیری آن به گازها و رطوبت بالا می‌باشد و بنابراین باید با سایر پلـی‌مرهـا به صورت چند لایه کنار هم، استفاده شود. نسبت به موادغذایی، کاملاً بی‌اثر است و ظروف ساخته شده از آن را می‌توان حتی استریل نمود.



شکل 22- فسژن و بیسفنل A

ط: سایر ترموپلاست‌ها:

این دسته شامل پلی‌متیل‌متا اکریل (PMMA)، پلی اکسید متیلن (POM)، پلی‌سولفون (PSU)، پلی‌اترسولفون (PES)، پلی‌تترافلورواتیلن (PTFE) هستند که اکثراً از قیمت بالایی برخوردار بوده و در مقایسه با سایر پلی‌مرها کاربرد کمتری در صنایع بسته‌بندی موادغذایی دارند.

«ترموست‌ها»

از این دسته رزین‌های فنلی(PF)، رزین‌های اوره-فرماکوئید (UF)، رزین‌های ملامین-فرمالدئید(MF)، رزین‌های اپوکسی (EP) را می‌توان نام برد که در میان آنها PF و EP جهت پوشش سطوح داخلی قوطی‌های فلزی کاربرد دارند.

8- پلی‌مرهای طبیعی

الف: سلوفان

اولین لایه پلی‌مری طبیعی است که جهت پوشش موادغذایی بکار گرفته شد و همانگونه که از نام آن پیداست از سلولز تهیه می‌شود. مواد اولیه این پلی‌مر که عمدتاً چوب است با استفاده از هیدروکسید سدیم و دی‌سولفید کربن، تبدیل به سدیم ـ سلولز ـ زانتوژنات(sodium-cellulose-xanthogenate) می‌شود که به آن ویسکوز نیز می‌گویند زیرا که دارای ویسکوزیته بالایی است. ویسکوز سپس با فشار بالا از یک نازل عبور نموده وارد حمام اسید سولفوریک می‌گردد، و در آنجا به صورت توده و لخته در می‌آید. برای آنکه لبه‌های لایه حاصل از این لخته را بتوان با حرارت به هم چسباند، بر روی آن روکش قرار می‌گیرد. امروزه سلوفان بر حسب نوع فرآیند انجام گرفته بر روی آن به چند دسته تقسیم می‌شود که هریک دارای علامت خاص خود هستند: بدون روکش (P)، دارای روکش نیترو(M)، دارای روکش با PVDC (X)، قابل چسبیدن توسط حرارت (y)، قابل تازدن و پیچیدن (F) و بالاخره نفوذپذیر به بخار آب (D). ظاهر شفاف، درخشان و مقاوم به پارگی آن جذابیت خاصی دارد، هرچند که نفوذپذیری زیاد آن به رطوبت و بخار آب یک مشکل عمده است. در

محصولات نانوایی، نوع P آن استفاده می‌گردد. زیرا نفوذپذیری خوبی به رطوبت داشته مانع کندانس شدن رطوبت بر روی محصولات و در نتیجه کپک زدن آنها می‌گردد. نوع X تقریباً غیرقابل نفوذ است و از آن برای بسته‌بندی ادویه‌جات، روغن‌ها، آجیل‌ها و ... استفاده می‌گردد. امروزه این لایه تا حد وسیعی و به دلایل عمدتاً اقتصادی جای خود را به سایر پلی‌مرها داده است.

ب: پلی‌مرهای طبیعی قابل تجزیه

از جمله این پلی‌مرها، به نشاسته می‌توان اشاره کرد. خواص متفاوت نشاسته تحت تأثیر نسبت آمیلوز و آمیلوپکتین آن است. پلی‌مر نشاسته را می‌توان همراه با پلی‌مرهای سنتزی از قبیل PE مورد استفاده قرار داد. نشاسته را می‌توان نوعی ترموپلاست در نظر گرفت که آب موجود در آن همچون یک نرم کننده عمل می‌نماید. ژلاتین و سایر پروتئین‌ها را نیز از همین دسته می‌توان به شمار آورد. ترکیب دیگری نیز به نام پلی‌کاپرولاکتون (PCL) وجود دارد که از دسته مواد سنتزی است که از محصولات پتروشیمی جدا می گردد اما به صورت طبیعی قابل تجزیه است. به هرحال باید توجه داشت که گرچه این پلی‌مرها در طبیعت تجزیه می‌شوند اما همین خاصیت باعث می‌شود تا نسبت به موادغذایی، بی‌اثر نباشند. در این زمینه می‌توان با انجام تیمارهای سطحی، عدم واکنش با موادغذایی را بهبود بخشید ار چند امکان تجزیه شدن آنها به شدت کاهش خواهد یافت.

ج: پلی‌مرهای طبیعی حاصل از میکروارگانیزمها

میکروارگانیزمهای پروکاریوتیک با استفاده از منابع کربن تولید پلی‌هیدروکسی الکانیت می‌کنند که یک ماده ذخیره‌ای برای سلول میکروبی بوده و می‌تواند تا 90 درصد وزن سلول خشک را شامل شود. مهم‌ترین ماده از این گروه پلی‌هیدروکسی بوتیریک اسید (PHB)که توسط باکتری های جنس الکالیژن و سودوموناس تولید می گردد. کوپلی‌مر PHB، پلی‌هیدروکسی والرات (PHV) است که در تجارت تحت نام «biopol»

عرضه می‌شوند و می‌توان توسط اکسترودر آن را شکل داد. جدول 4 خصوصیات تعدادی از فیلم‌های پلیمری را نشان می‌دهد.

9- ضخامت در لایه‌های پلی‌مری

بیش از نیمی از پلاستیک‌های ترموپلاست تولید شده در جهان به صورت لایه‌های نازک (45 درصد) و یا صفحات (5 درصد) در می‌آید. هرگاه ضخامت پلی‌مر از 15 میل (mil) که برابر با 0/015 اینچ است کمتر باشد، پلی‌مر را لایه یا فیلم و اگر ضخامت فراتر از 15 میل باشد، آن را صفحه (sheet) می‌نامند. معمولاً ضخامت صفحات را بر حسب میل بیان کرده حال آنکه ضخامت لایه (film) بر حسب gauge اعلام می‌گردد. یک gauge برابر با 0/00001 اینچ است و بنابراین هر 100 gauge (ga) برابر با 1 میل و یا 0/001 اینچ خواهد بود. در سیستم متریک صفحات بر حسب میلی‌متر و لایه‌ها بر حسب میکرون تعیین ضخامت میگردد. در این حالت هر یک میل برابر با 25 میکرون خواهد بود. (1 میکرون برابر با 10^{-6} متر است).

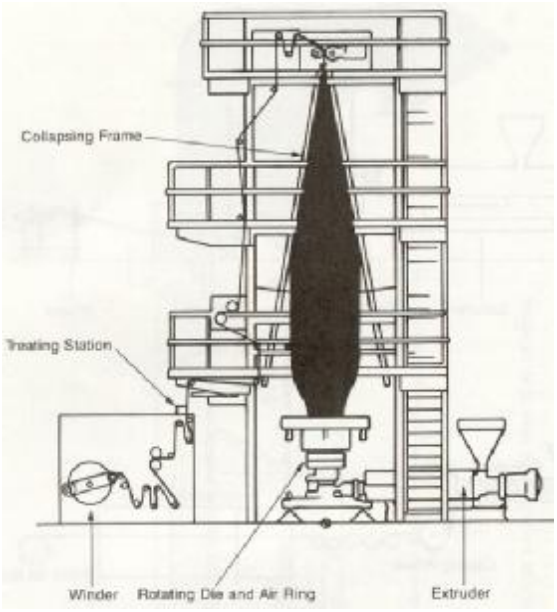
10- شکل‌دهی پلی‌مرها

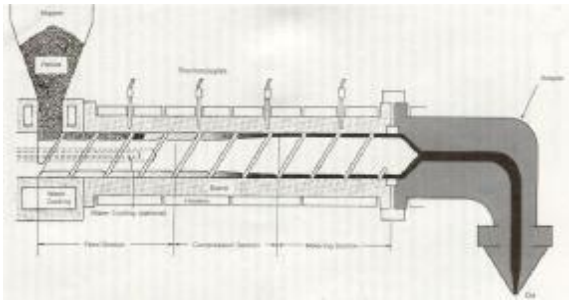
پلی‌مرها را اصولاً به دو صورت لایه (یا صفحه) و ظروف می‌توان شکل‌دهی نمود. برای تولید لایه یا صفحه از اکسترودر استفاده می‌شود. این وسیله شامل یک میله حلزونی شکل است که در درون یک بخش استوانه‌ای شکل حرکت دورانی دارد و با مخلوط نمودن و فشار باعث ذوب شدن پلی‌مر می‌گردد. پلی‌مر مذاب سپس با فشار از قالب (die) خارج می‌گردد (شکل 23) که می‌توان آن را به همان شکل استفاده نمود یا آنکه از یک یا دو جهت تحت کشش (orientation) قرار داد. کشش ممکن است در حد 2X تا 80X باشد. قالب اکسترودر می‌تواند بصورت حلقوی یا مسطح باشد. در قالب‌های مسطح یا تیغه‌ایی برحسب عرض مورد نیاز پلی‌مر مذاب به صورت لایه در می‌آید و همزمان می‌توان عمل coronation را هم بر روی پلی مر انجام داد تا آماده چاپ شود. از قالب‌های حلقوی بیشتر برای مواقعی که لایه‌های پلی‌مری با عرض زیاد لازم هستند استفاده می‌گردد. در این حالت قالب، استوانه‌ایی از پلی‌مر مذاب را به کمک اکسترودر و جریان هوا به شکل یک

حباب بزرگ تولید می‌کند. این حباب از طول توسط فشار هوا و از طرفین توسط غلطک‌های کناری کشیده می‌شود تا بدین ترتیب از ضخامت آن کاسته شود (شکل 24). در این حالت می‌توان به«جهت‌دهی» معادل با 80X دست پیدا نمود. این روش برای تهیه کیسه نیز بسیار مناسب است. به هر روی از آنجا که به احتمال زیاد ضخامت در همه قسمت‌ها یکسان نیست، بنابراین کل این سیستم به صورت منظم بدور خود گردش می‌نماید تا بدین ترتیب هر نوع تفاوت ضخامت به صورت یکسان بر روی غلطک جمع‌کننده، ظاهر شود. سطح لایه‌های تولید شده را می‌توان به طرق مختلف تیمار نمود. از جمله این روشها، اکسید کردن سطح است که یا با استفاده از جرقه الکتریکی و یا شعله انجام می‌شود. متالیزه کردن سطح در خلا نیز از دیگر روشهای معمول است که می‌تواند خواص ممانعتی را بهبود محسوسی بخشد.

جدول 4 خصوصیات تعدادی از فیلم‌های پلاستیکی

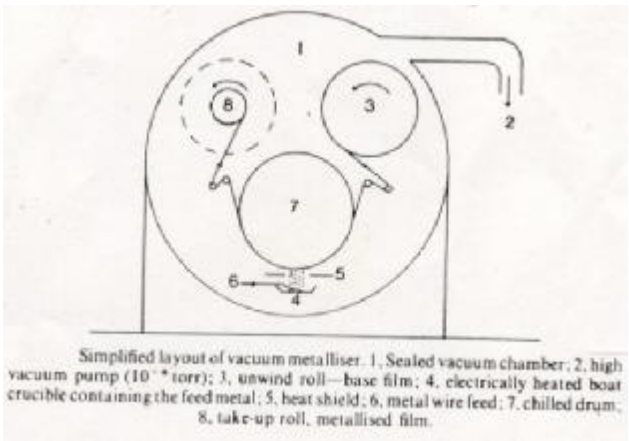
	HDPE	LDPE	LLDPE	EVA	IONOMER	OPP*	PET*	PVC	PVDC	OPS*	BON*	EVOH	PC
Density (g/cc)	0.945-0.967	0.91-0.925	0.918-0.923	0.93	0.94-0.96	0.90	1.4	1.22-1.36	1.6-1.7	1.05	1.14	1.14-1.19	1.2
Yield (m²/kg; 1 mil)	41.2	42.6	42.5	41.9	42.0	44	28.4	28	24	38	35	32.7-34.7	32.5
Tensile strength (kpsi)	2.5-6	1.5-5	3-8	2-3	3.5-5	20-30	25-33	4-8	8-16	8-12	25-37	1.2-1.7	9-11
Tensile modulus, 1% secant (kpsi)	125	20-40	25	8-20	10-50	350	700	350-600	50-150	400-475	250-300	300-385	320
Elongation at break (%)	200-600	200-600	400-800	500-800	300-600	50-275	70-130	100-400	50-100	2-30	70-120	120-280	100-150
Tear strength (Graves) (lb/in)	—	100-500	—	100-500	—	1000-1500	1000-2000	100-300	2	300-1000	500-800	—	600-1600
Tear strength (Elmendorf) (gm/mil)	200-350	100-200	150-900	40-200	20-40	340	20-100	400-700	10-90	2-15	15-30	400-600	20-50
WVTR (g/100in²-day) at 100°F & 90% RH	0.4	1-2	1-2	2-3	1.5-2	0.4	1-1.5	2-30	0.06-0.3	7-10	10	3-6	12
O_2 Permeability (cc/100in²-day-atm) at 77°F & 0% RH	100-200	500	450-800	700-900	300-450	100-160	3-6	30-600	0.1-1	200-350	1-2	0.01-0.02	180-300
Haze (%)	3	5-10	6-13	2-10	1-15	3	2	1-2	1-5	1	1.5	1-2	1
Light transmission (%)	—	85	—	55-75	85	80	88	90	90	92	88	90	89
Heat seal temperature range (°F)	275-310	250-350	220-340	150-350	225-300	200-300**	275-350**	280-340	250-300	250-350	250-350**	350-400	400-420
Service temperature (°F)	-40 to 250	-70 to 180	-20 to 220	-100 to 150	-150 to 150	40 to 250	-100 to 300	-20 to 150	0 to 275	-80 to 175	-100 to 400	0 to 300	-210 to 280





شکل های23 (راست) و 24 (چپ) - اکسترودرهای دارای قالب مسطح و قالب حلقوی

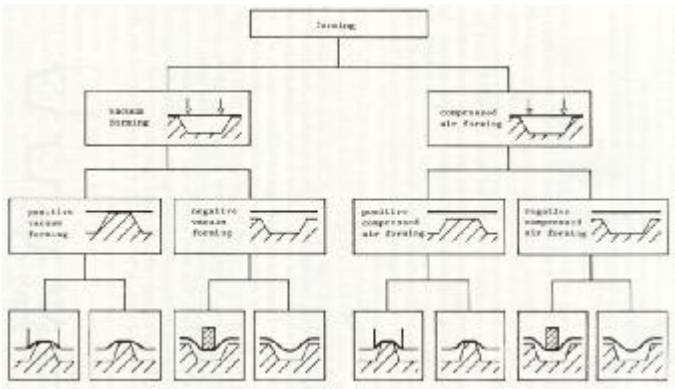
معمولاً در یک محفظه که خلا در آن ایجاد شده، لایه را در مجاور بخار آلومینیوم قرار می‌دهند بطوری که لایه نازکی از آن بر روی سطح لایه پلی‌مری خواهد نشست. (شکل 25) این نوع لایه‌ها (metallized) صرف از نظر درخشندگی و سطح براق، از عبور نور نیز جلوگیری می‌نمایند. لایه‌های ضخیم یا صفحات را به کمک حرارت می‌توان به شکل دلخواه در آورد. در این حالت ابتدا صفحات گرم شده و سپس با فشار به درون یک قالب سرد رانده می‌گردد. جهت اعمال فشار می‌توان از فشار هوا، نیروی خلاء (فشار معکوس) و یا سمبه استفاده کرد (شکل 26). از این روش می‌توان روی خط تولید و کمی قبل از دستگاه پرکن نیز استفاده نمود (شکل 27).

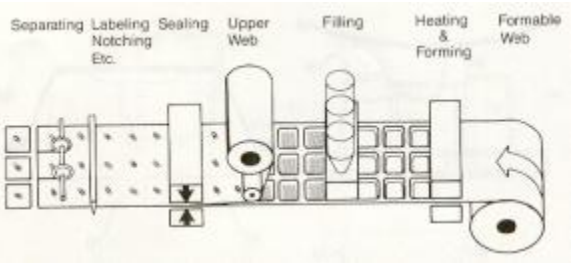


Simplified layout of vacuum metalliser. 1, Sealed vacuum chamber; 2, high vacuum pump (10^{-4} torr); 3, unwind roll—base film; 4, electrically heated boat crucible containing the feed metal; 5, heat shield; 6, metal wire feed; 7, chilled drum; 8, take-up roll, metallised film.

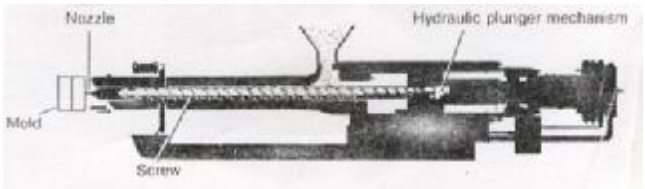
شکل 25- متالیزه کردن ورق در خلا

همانگونه که ذکر شد، پلی‌مرها (که عمدتاً به صورت گرانول یا پودر هستند) را می‌توان به صورت ظروف نیز درآورد. در این زمینه از دو روش قالب‌گیری تزریقی و یا قالب‌گیری به کمک فشار هوا استفاده می‌گردد. در روش اول (شکل 28) اکسترودر، پلی‌مر مذاب را به درون یک قالب سرد که دقیقاً به شکل ظرف مورد نظر است تزریق می‌نماید. در روش دوم که بسیار شبیه به تهیه ظروف شیشه‌ای دهانه تنگ است، ابتدا توسط روش تزریقی یک شکل اولیه (شکل 29) از ظرف موردنظر (parison) تولید می‌شود و سپس پس از گرم شدن به درون یک قالب فرستاده می‌گردد و در آنجا با فشار هوا شکل نهایی را به خود می‌گیرد. (شکل 30) با این عمل نوعی orientation نیز صورت می‌گیرد. آزمایشات نشان داده است که جذب مواد معطره و یا حتی رنگ در قسمت‌های استوانه‌ای بطریهای نوشابه که بیشتر تحت کشش بوده‌اند به مراتب کمتر از بخش تحتانی آن است.



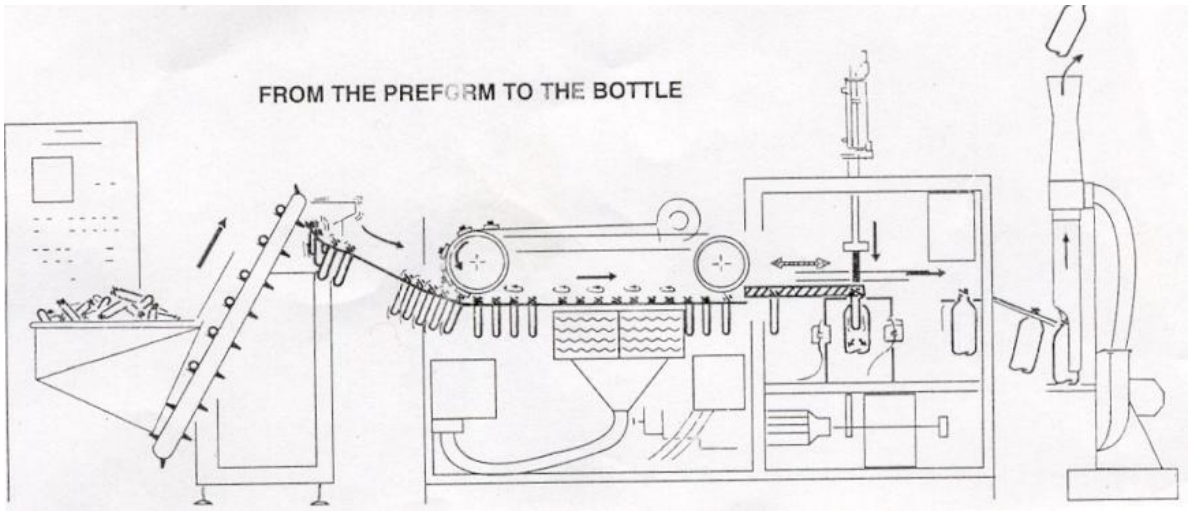


شکل های 26 و 27- شکل دهی به لایه های پلی مری با استفاده از حرارت و خلا



شکل 28-تزریق پلی‌مر مذاب به درون قالب سرد جهت تولید شکل اولیه ویا ظرف نهایی

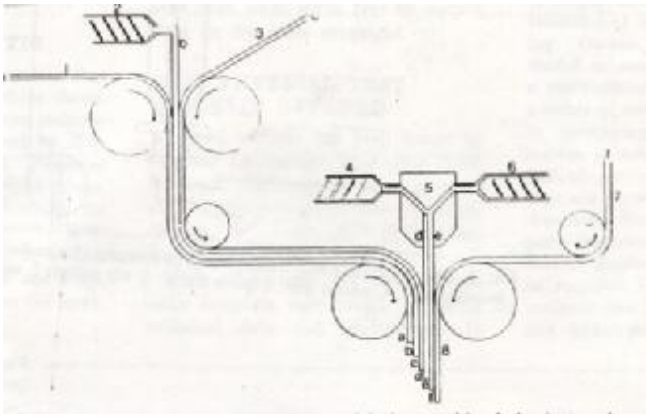
شکل 29- تصویر parison یا preform به روش تزریقی اماده شکل دهی مجدد



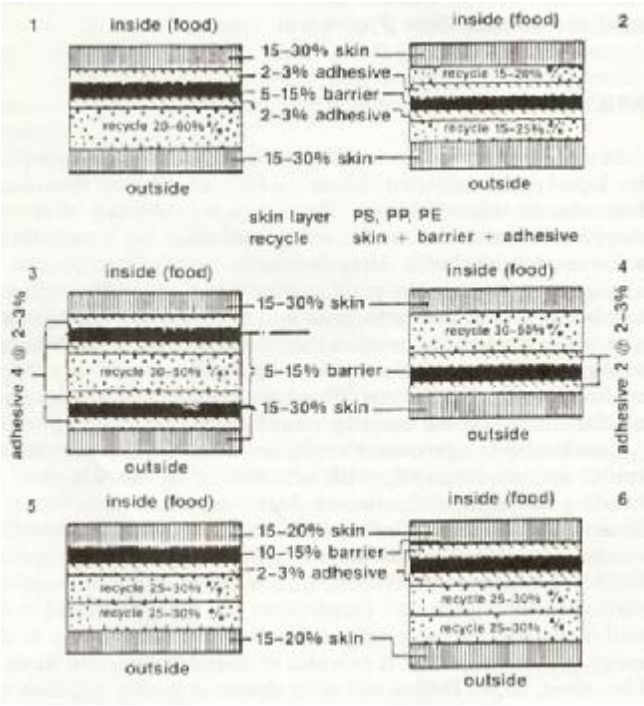
شکل 30-تهیه بطری پلی مری از ظرف اولیه با استفاده از حرارت و دمیدن هوا

لایه‌های پلی‌مری به ندرت به تنهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند و معمولاً از آنها به صورت چند لایه جهت بهبود خواص استفاده می‌شود. معمولاً لایه‌ها توسط پلی‌مرهایی که خاصیت چسبندگی خوبی دارند و یا چسب‌هایی چون EVA و یونومرها به یکدیگر متصل می‌گردند. در اغلب اوقات از ورقه‌های نازک آلومینیومی (foil) نیز جهت بهبود خواص استفاده می‌شود. در تهیه ورقه‌های پلی‌مری متشکل از چند لایه، از چند دستگاه

اکسترودر که به صورت همزمان مواد پلی‌مری و چسب‌ها را به قالب می‌رانند تشکیل شده است. (شکل 31) اکسترودرها را می‌توان به نوعی تنظیم نمود که ورقه نهایی به صورت متقارن و یا غیر متقارن باشد (شکل 32) همین روش را می‌توان برای روکش کردن مثلاً ورقه‌های کاغذی یا مقوایی نیز اعمال نمود(coating).



شکل 31- نحوه استقرار اکسترودر ها جهت انجام لایه گذاری (lamination)



شکل 32- انواع لایه گذاری

فصل هفتم

چوب و کاغذ

چوب

چوب قرنهاست که جهت بسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ماده‌ای است که می‌توان آن را به راحتی شکل داده و بهم متصل نمود و بر حسب منبع می‌تواند از استحکام خوبی نیز برخوردار باشد. چوب حاصل از جنگل به صورت الوار، خاک اره یا ترکه‌ای بوده که به محصولات متفاوتی چون تخته چند لایه، نئوپان (که از تکه‌های اره کاری بدست می‌آید)، خمیر کاغذ، کاغذ و مقوا تبدیل می‌گردد. در برخی از نقاط دنیا از چوبهای ترکه‌ای هنوز هم برای ساخت انواع سبد و جعبه استفاده می‌گردد. معمولاً از چوبهای نرم جهت تولید بسته استفاده می‌گردد و این امر تحت تأثیر نوع درخت و چوب حاصل از آن می‌باشد. در جدول 1 درختها بر حسب ارجحیت به چهار دسته تقسیم شده‌اند که با نزدیکتر شدن به گروه چهار ارجحیت و برتری چوب کاهش می‌یابد. الوارهای چوبی که جهت استفاده و ساخت جعبه به کار می‌روند باید به خوبی خشک شوند بگونه‌ایی که رطوبت آنها به حدود 20-15 درصد برسد. خشک کردن یک مرحله آماده سازی بسیار مهم در این صنعت به شمار می‌آید زیرا که از بروز تغییرات شدید ناشی از جمع و یا متورم شدن می‌کاهد، چوب را از حمله میکروب‌ها در امان نگه می‌دارد، وزن را کاهش می‌دهد، قدرت و استحکام چوب را بیشتر می‌کند و بالاخره آن را برای انجام عملیات بعدی همچون پرداخت آماده می‌سازد. خشک کردن یا در محیط صورت می‌گیرد و یا در محفظه‌های کنترل شده (از نظر درجه حرارت و میزان رطوبت) که به روش اخیر Kiln drying گفته می‌شود و می‌تواند در مدت کوتاهی (2 تا 5 روز) رطوبت چوب را به حدود 16 درصد برساند حال آنکه روش اول ممکن است بین 20 تا 30 روز طول بکشد. . ذکر این نکته ضروری است که به دلایلی چون در دسترس بودن نیروی کار ارزان قیمت، قیمت پائین و وجود منابع جنگلی فراوان استفاده از جعبه‌های چوبی در کشورهای در حال توسعه بیشتر معمول می‌باشد. در جدول 2 خواص برخی چوبهای مصرفی جهت تولید جعبه نشان داده است.

جدول 1- چوب‌های مورد استفاده جهت تهیه جعبه

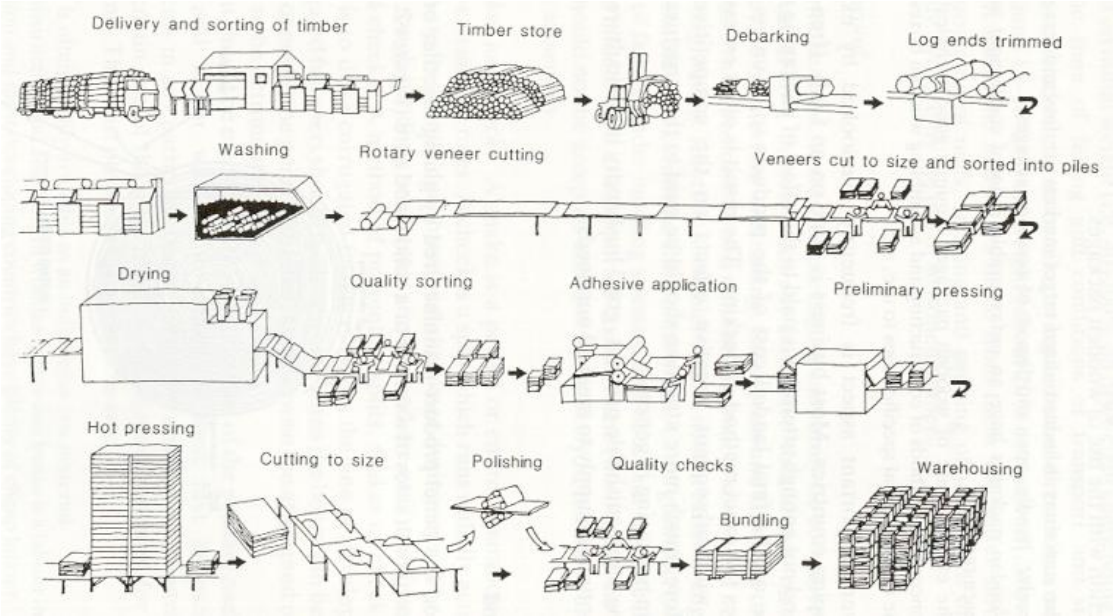
Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Alpine fir	Agba	Black	Beech
Aspen	Douglas fir	Black	Birch
Basswood	Hemlock	Maple	Hichory
Cedar	Larch	Red gum	Osk
Chestnut	Gaboon	Sycamor	Rock elm
Cottonwood	Lime	White	White ash
Jack pine	Obeche		
Lodge polepine			
Norway pine			
Spruce			
White pine			
White fir			
White pine			
Willow			
Yellow			

در هر حال الوار (timber) و یا کنده (log) حاصل از جنگل را می‌توان به صورت تخته چندلا (plywood) و یا فیبر (fibre boards) در آورد، هرچند که قسمت عمده آن بدون هیچ گونه فرآیندی پس از بریده شدن در اندازه‌ها و قطعات موردنظر، جهت ساخت جعبه به کار می‌رود.

جدول 2- خواص چوبهای مورد استفاده جهت تهیه جعبه

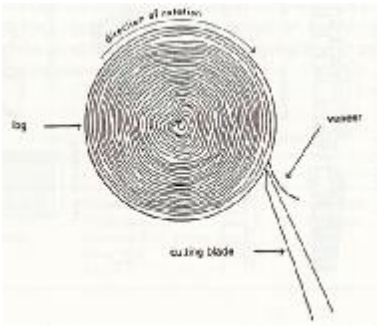
Species	**دانسیته**	**چروکیدگی حجمی (%)**
Oak (Quercus alba)	0/71	15
Beech(Fagus sylvatica)	0/68	18
Birch(Betula verra cosa)	0/61	14
Pine (Pinus sylvesteris)	0/49	12
Spruce (Picea abies)	0/43	12

فرآیند ساخت تخته چندلا را می‌توان در شکل 1 مشاهده نمود. الوار پس از حمل به کارخانه، ابتدا پوست‌گیری می‌شود و آنگاه قسمتهای زائد در دو انتها بریده می‌گردد (Trimming).



شکل1- فرآیند ساخت تخته چندلا

پس از شستشو، الوارها ضمن چرخش توسط یک تیغه ی بسیار نازک به ورق‌های بسیار نازک (Veneer) تبدیل می‌گردند (شکل 2). این ورق‌های نازک پس از آنکه در اندازه‌های معین در آمدند، خشک شده و بر حسب مورد توسط چسب تعدادی از آنها به هم چسبانده شده، به صورت گرماگرم تحت فشار قرار می‌گیرند تا جهت ساخت جعبه استفاده گردند.



شکل 2 –طرز تهیه لایه های نازک از الوار

در ساخت فیبر، ضایعات حاصل از اره‌کاری و قطعات کوچک باقیمانده از الوارها، به صورت قطعات کوچک (chips) در می‌آیند. این قطعات سپس توسط بخار و فشار نرم شده و به آن آب اضافه می‌گردد تا تشکیل خمیر بدهد. در این مرحله ممکن است موادی چون سولفات آلومینیوم به خمیر اضافه گردد. این خمیر توسط توریهای سیمی به آرامی به هم زده می‌شود تا حالت الیافی بدست آید. در مرحله بعد پس از خارج کردن آب، خمیر مرطوب از میان غلطک‌هایی عبور کرده و بدین ترتیب الیاف در یکدیگر ادغام می‌گردند و در نهایت توسط آون کاملاً خشک می‌شوند. یکی از اقداماتی که به هنگام ساخت جعبه از فیبر ممکن است صورت پذیرد خم نمودن فیبر است که معمولاً از نیروی فشار استفاده می‌گردد هرچند که نمی‌توان به شعاع کمتر از 300 میلی‌متر برای لایه فیبر با ضخامت 3/2 میلی‌متر دست یافت. برای حصول به شعاع کمتر (مثلاً 125 میلی‌متر) باید فیبر را مدتی در آب خیساند.

کاغذ و مقوا

1- مواد اولیه

از اواسط قرن نوزدهم میلادی صنعت کاغذ شروع به استفاده از خمیر چوب جهت تولید این محصول نمود و همین امر باعث شد تا بدین ترتیب بشر شروع به بهره‌برداری از جنگل‌ها بنماید که اکنون منجر به بروز مشکلات زیست محیطی شده است. به هر روی در این زمینه ضمن این که صنعت تولید کاغذ به دنبال ایجاد نوعی توازن بین برداشت از جنگل و احیای جنگل است، شروع به استفاده از منابع دیگر مانند پنبه، الیاف بزرک (flax) و اسپارتو (esparto) و خیزران جهت تولید کاغذ نموده است، هرچند که هنوز هم چوب درختان اولین و مهم‌ترین منبع الیاف‌های سلولزی به شمار می‌آیند. صرف نظر از چوب، از چندین ماده غیر سلولزی دیگر جهت تولید کاغذ استفاده می‌شود که از آن جمله می‌توان به املاح، جهت پوشش دادن، رنگ‌ها و موادی که چوب را به نفوذ آب مقاوم می‌نماید اشاره کرد. این مواد را اصولاً می‌توان در چهار دسته رده‌بندی نمود:

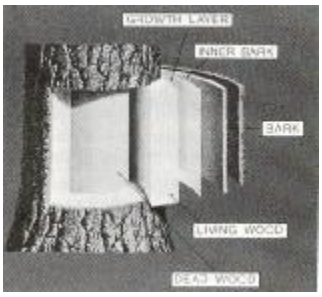
الف ـ پرکننده‌ها: که رنگیزه‌های معدنی سفید رنگ مانند خاک چینی هستند که ماتی و در عین حال براقیت را در کاغذ ایجاد نموده، سطح آن را کاملاً صاف و آماده چاپ می‌کنند.

ب ـ *متصل کننده‌ها (قوام دهنده ها)*: که شامل نشاسته، صمغ‌های گیاهی، رزین‌های سنتزی می‌شوند و استحکام کاغذ را در مقابل پارگی، کشش و ترکیدن افزایش می‌دهند.

ج ـ *ترکیبات ایجاد حالت آهار (sizing)*: که باعث می‌شوند تا کاغذ نسبت به مایعات مانند آب یا مرکب چاپ مقاوم گردند و به همین دلیل است که کاغذ خشک‌کن‌ها (blotting papers) فاقد این ترکیبات هستند. کاغذهای مخصوص تحریر دارای آهار بوده هرچند که میزان آهار متفاوت می‌باشد و بر این مبنا به دو صورت نرم و سخت دیده می‌شوند. جهت آهار زدن کاغذ از امولسیون‌های مومی و رزین استفاده می‌گردد.

د ـ *افزودنیهای متفرقه*: مانند پیگمان های رنگی جهت تولید کاغذ رنگی، صمغ جهت سهولت شکل‌دهی، ترکیبات ضد کف و مواد ضد رطوبت.

چوپ ماده اولیه عمده تولید کاغذ است. تنه درخت از دو لایه پوست داخلی و خارجی تشکیل شده که در زیر آن لایه رشد که حاوی موادغذایی لازم جهت رشد گیاه است، وجود دارد(شکل 3). پس از این سه لایه، بخش اصلی و چوبی تنه که شامل دسته‌های متعددی از الیاف سلولزی است، دیده می‌شود که به صورت عمودی توسط ماده‌ای به نام لیگنین (lignin) کنار هم قرار گرفته‌اند. بخش چوبی از نظر ترکیب شیمیایی شامل 50 درصد الیاف سلولزی، 30 درصد لیگنین، 16 درصد کربوهیدرات و 4 درصد ترکیباتی مانند پروتئین‌ها، رزین‌ها و چربی است. الیاف سلولزی همین قسمت است که جهت تولید کاغذ استفاده می‌گردد. این الیاف که باریکتر از تار موی انسان می‌باشند تنها دارای چند میلی‌متر طول بوده و لیگنین این الیاف را در کنار هم نگه می‌دارد و عمل چسب را انجام می‌دهد.



شکل 3 –لایه های تنه درخت

2- فرآیند تولید خمیر کاغذ

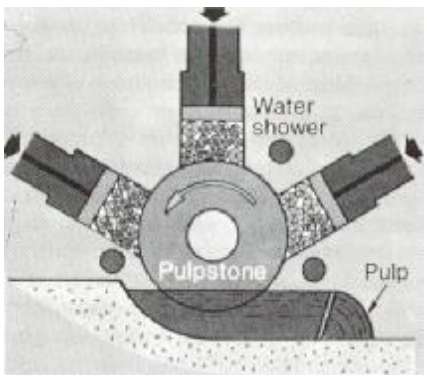
مهم‌ترین نکته در این فرآیند آن است که خواص یک کاغذ یا مقوا به شدت تحت تأثیر خواص خمیر تهیه شده از چوب می‌باشد. خمیر را می‌توان به دو روش مکانیکی و شیمیایی و با استفاده از چوبهای سخت (پهن برگ‌ها) و یا چوبهای نرم (سوزنی برگ‌ها) تهیه نمود. خمیر حاصله ممکن است بدون انجام عمل رنگبری و یا پس از انجام آن مورد استفاده قرار گیرد.

الف : تهیه خمیر به روش مکانیکی

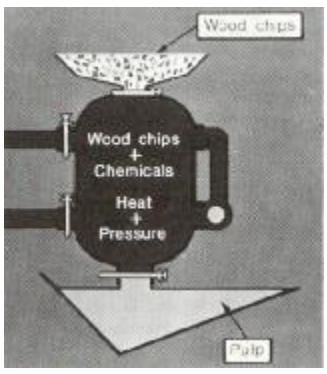
کاغذ به دست آمده در این روش از وزن بالا، استحکام پایین و البته قیمت نه چندان بالا برخوردار است و از آن جهت بسته‌بندی کمتر استفاده می‌شود. در این روش الوارهای بدون پوست چوب به بلندی 1/2 متر توسط غلطک‌های زبر آسیاب و رنده می‌شوند، تا به قطعاتی در حدود 20-15 میلی‌متر درازا برسند. از جریان آب نیز بهره گرفته می‌شود تا بدین ترتیب الیاف سلولزی بیشتر جدا شوند (شکل 4). در این روش صرفاً ناخالصی‌های محلول در آب جدا می‌شوند و بخش اعظم لیگنین در خمیر باقی می‌ماند ضمن آنکه بخشی از الیاف به صورت دسته باقیمانده و بخشی نیز دچار آسیب می‌گردند. از این خمیر برای تهیه کاغذ روزنامه استفاده می‌گردد و گاهی نیز با خمیر حاصل از روش شیمیایی مخلوط شده، به مصرف تولید مقوا می‌رسد.

ب : تهیه خمیر به روش شیمیایی

این روش با قطعات کوچک و رنده شده (chips) کار خود را شروع می‌نماید و سپس با استفاده از مواد شیمیایی لیگنین را به صورت محلول در می‌آورد که پس از شستن خارج خواهد شد (شکل 5).



شکل 4-تهیه خمیر کاغذ به روش مکانیکی

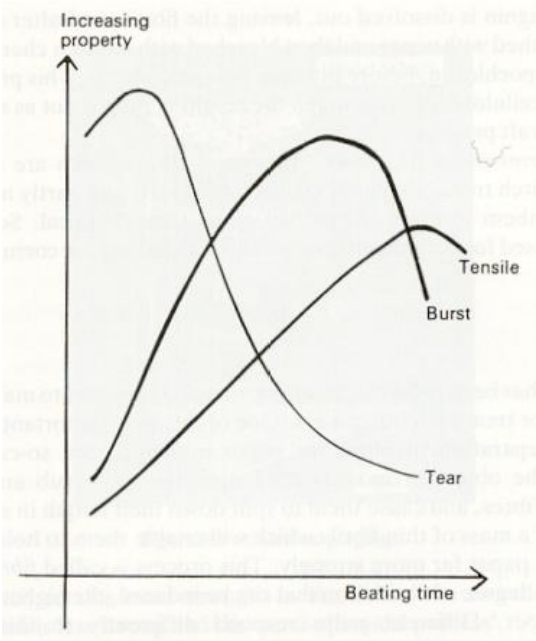


شکل 5- تهیه خمیر کاغذ به روش شیمیایی

این روش الیاف را با خلوص بیشتری تولید می‌کند و آسیب دیدگی الیاف کمتر بوده و حالت دسته‌ای به ندرت دیده می‌شود. روش شیمیایی را می‌توان به چند نوع انجام داد و کیفیت خمیر حاصله بستگی به نوع این فرآیندها و نوع فیبر چوب مصرفی دارد. برای تولید کاغذ مناسب جهت بسته‌بندی، سه روش شیمیایی است از اهمیت بیشتری برخوردار هستند که شامل فرآیند کرافت (kraft) که استحکام الیاف به خوبی حفظ می‌شود، فرآیند سولفیته که از استحکام کمتری برخوردار است و بالاخره فرآیند نیمه شیمیایی است. فرآیند کرافت دارای سابقه‌ای بیش از 100 سال است و خمیر معمولاً بدون انجام عمل رنگبری مورد استفاده قرار می‌گیرد و راندمان تولید بسیار خوب و بالایی دارد. در صورتی که هدف تولید کاغذ سفید به این روش باشد، ضمن انجام عمل رنگبری، بخشی از استحکام کاغذ بدست آمده از دست می رود. در فرآیند کرافت، خرده چوب توسط محلولی از سود سوزآور و سولفات سدیم برای چندین ساعت هضم می‌گردد. در این شرایط لیگنین هضم شده و جدا می‌گردد. وجود سولفات سدیم باعث می‌شود که در حین فرآیند، سولفید سدیم تولید گردد. با جمع‌آوری سولفید سدیم و سپس استفاده مجدد از آن در درجه حرارت و فشار بالا، سود سوزآور تولید می‌گردد که کار هضم را به انجام خواهد رساند. علت نامگذاری این روش به کرافت آن است که در زبان سوئدی کرافت به معنی «قوی» می‌باشد. اولین نمونه‌های کاغذ بدست آمده به این روش بیشتر به رنگ قهوه‌ای بوده و در ثانی به دلیل وجود الیاف‌های بلند که به صورت غیر یکنواخت در بافت کاغذ توزیع شده بودند، لکه‌لکه (blotchy) دیده می‌شدند. در روش سولفیته از دی‌اکسید سولفور و بی‌سولفیت کلسیم استفاده می‌گردد که با خرده چوب در محیط آبی و درجه حرارت 140 درجه سانتی‌گراد مخلوط می‌گردند. بدین ترتیب لیگنین حل شده، جدا می‌گردد و پس از شستن الیاف با آب، توسط ماده شیمیایی رنگبر همچون هیپوکلریت کلسیم رنگبری می‌گردد با این روش، الیاف سلولزی با خلوص بالا تولید می‌شود، هرچند استحکام کاغذ آن مانند روش قبل نخواهد بود. در روش نیمه شیمیایی، خرده چوب تا حدودی به روش مکانیکی و تا حدودی به روش شیمیایی تیمار می‌گردند. کاغذ حاصل از این نوع خمیر بیشتر برای تولید کاغذ و مقوای کنگره‌دار (corrugated) استفاده می‌گردد.

3- تولید کاغذ

پس از تولید خمیر و در صورت نیاز رنگبری، نوبت به فرآیندی به نام «زدن خمیر»(beating) می‌رسد. هدف عمده از انجام این عمل مالش دادن و برس زدن الیاف سلولزی است بگونه‌ایی که از طول به صورت کاملاً مجزا در آیند تا بعدها بتوان در کاغذ به صورت محکم آنها را کنار هم قرار داد. به این فرآیند الیاف سازی (fibrillation) گفته شده و هرچه بهتر صورت گیرد، کاغذ از استحکام بیشتری برخوردار خواهد شد.



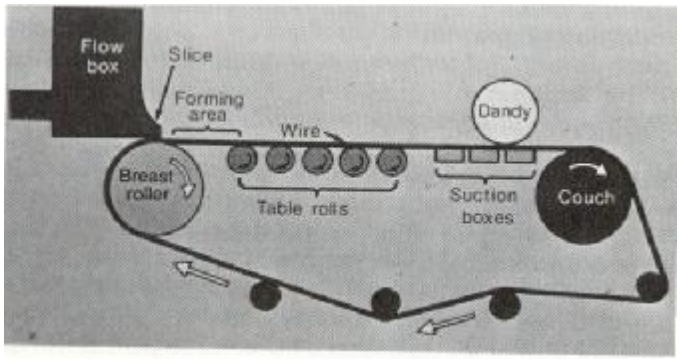
شکل 6- نمایش نحوه تاثیر زدن الیاف سلولزی بر خواص کاغذ

چوب‌های نرم در مقایسه با انواع سخت راحت تر فرآیند فوق را تحمل می‌نمایند و از همین رو از چوبهای نرم کاغذهایی با استحکام بیشتر و کیفیت بهتر می‌توان بدست آورد. در این عملیات و بواسطه حرکت تیغه‌ها، بخشی از الیاف برش خورده و کوتاه می‌شوند که هرچند باعث کاهش استحکام کاغذ می‌شوند، اما می‌تواند در حرکت کاغذ بر روی ماشین‌های برش و چاپ تسهیل ایجاد نماید. زدن خمیر تأثیر زیادی بر خصوصیات کاغذ تولید دارد که می‌توان این تاثیر را در شکل 6 مشاهده نمود. خمیر پس از آنکه آماده شد، به ماشین‌های ساخت

کاغذ منتقل می‌گردد. این ماشین‌ها که به نام مخترع آنها، فوردراینیر (Fourdrinier) نامیده می‌شود، از 8 قسمت اساسی که 4 بخش مربوط به قسمت مرطوب و 4 بخش مربوط به قسمت خشک است، تشکیل شده است.

قسمت مرطوب	قسمت خشک
stuff box	برس
head box	خشک‌کن
برش slice	براق‌کن
سیستم فوردراینیر fordrinier	صاف‌کن

در stuff box یک مخلوط آبکی از خمیر کاغذ حاوی 97 قسمت آب و 3 قسمت خمیر است اما از آنجا که تهیه کاغذ از آن آسان نیست در یک مخلوط‌کن، رقیق شده بگونه‌ای که غلظت خمیر به 0/5 درصد می‌رسد و بنابراین ماده مصرفی دارای 99/5 درصد آب خواهد بود. در head box ، به آرامی مخلوط الیاف و آب بهم زده می‌شود تا یک سوسپانسیون یکنواخت از الیاف تشکیل گردد.slice یک شکاف باریک در جلوی head box است که از طریق آن مخلوط الیاف و آب به صورت لایه نازک بر روی نقاله منتقل می‌شود و می‌توان اندازه این شکاف را کم یا زیاد نمود. نقاله فوردراینیر ضمن حمل مواد منتقل شده از شکاف، این مواد را به غلطکی که کار آن فشردن و به صورت لایه در آوردن خمیر رقیق است (couch)، انتقال می‌دهد، ضمن آنکه خمیر رقیق تا رسیدن به این غلطک مقداری از آب خود را هم از دست می‌دهد. این عمل توسط تعدادی غلطک که در زیر نقاله قرار گرفته و عمل مکش را انجام می‌دهند تسریع می‌گردد. در این مرحله، صفحه الیافی (fiber mat) هنوز دارای رطوبتی حدود 80-75 درصد است که باید در مرحله خشک کردن جدا شود (شکل 7) . در پایان این مرحله صفحات به قسمت خشک که آن هم دارای 4 بخش است، انتقال می‌یابند. اولین بخش پرس‌ها هستند. نحوه انتقال صفحات به این پرس بدین ترتیب است که از نقاله‌هایی که از جنس نمد (felt) هستند استفاده می‌گردد.



شکل7-مراحل تهیه صفحه الیافی مرطوب جهت تولید کاغذ

مجموعه نقاله نمدین و صفحات الیافی مرطوب ابتدا از پرس که ممکن است دارای مکش و یا بدون مکش باشند عبور می‌نماید. در پایان بخش پرس کردن صفحات هنوز دارای حدود 60 درصد رطوبت هستند که باید در مرحله خشک کردن جدا شود. خشک کن‌ها، استوانه‌های گرمی هستند که به شکلی مختصر با کاغذ تماس پیدا کرده و آن را خشک می‌نمایند. براق‌کن یا MG dryer (machine glazed) در مواردی که نیاز به ایجاد جلا باشد استفاده می‌گردد و شامل غلطک‌های سنگین وزن کاملاً صافی هستند که با فشار خود سطح را براق می‌نمایند. در آخرین بخش از قسمت خشک، ماشین‌های مخصوص فشرده کردن (calendering) قرار دارند که شامل چند غلطک هستند که صرفاً غلطک زیرین (آخرین) با نیروی محرکه به حرکت در می‌آیند و سایر غلطک‌ها تحت تاثیر خاصیت اصطکاکی کاغذ حرکت می‌نمایند. در پایان این بخش، کاغذ به صورت یک رول بزرگ در می‌آید.

4- کیفیت کاغذ

برای آنکه کاغذ جهت مصارف بسته‌بندی مناسب باشد باید به عواملی مانند درجه بهم زدن، مقدار پرکننده، قوام دهنده‌ها، آهار دهنده‌ها و نوع فیبر توجه نمود. بخش عمده‌ای از کاغذ تولیدی جهت بسته‌بندی به صورت ورق (unconverted paper) استفاده می‌شود که در واقع استفاده از آن برای پیچیدن(wrapping) محصولات است. اما بخش دیگری از کاغذ به اشکال گوناگون مانند ساشه، پاکت و کیسه و مانند آنها در می‌آیند. بر حسب اینکه چه عملی را پوشش کاغذی انجام می‌دهد، دامنه‌ای از خواص را باید دارا باشد که می‌توان آنها را در دو دسته کلی خواص فیزیکی و شیمیایی دسته‌بندی نمود.

خواص فیزیکی

الف-توصیف کاغذ: در این مورد بیان نوع کاغذ و ضخامت و یا وزن یک مترمربع آن یا گراماژ (grammage)، ضروری است. از آنجا که استحکام کاغذ با افزایش ضخامت آن و به عبارت بهتر وزن آن افزایش می‌یابد، اندازه‌گیری وزن می‌تواند ساده‌ترین معیار برای بیان کیفیت کاغذ باشد.

ب-*خواص نوری*: شامل رنگ، درجه مات بودن، براقیت و درخشندگی

ج-*استحکام*: شامل مقاومت به کشش و سوراخ شدن، مقاومت اولیه به پارگی، مقاومت داخلی به پاره شدن.

د-*خواص ممانعتی*: مانند حساسیت به رطوبت و اکسیژن.

ه-*خصوصیات متفرقه*: مانند میزان اصطکاک سطحی نشان دهنده سهولت کار با کاغذ در دستگاههای اتوماتیک.

خواص شیمیایی

در صورتی که ماده غذایی در تماس مستقیم با کاغذ است نباید حاوی حتی مقادیر جزیی از موادی باشد که ممکن است بر ماده غذایی موثر باشند، به عنوان مثال کاغذهایی که برای پوشش ظروف فلزی کاملاً صیقلی استفاده می شود نباید حالت اسیدی یا قلیایی داشته، عاری از مواد سولفاته و یا سایر ترکیبات عامل خوردگی باشد. همچنین باید عاری از فلزات سنگین و فلزاتی مانند آهن و مس باشند زیرا که اگر مثلاً برای بسته‌بندی کره بکار روند حضور عناصر فوق می‌تواند اکسیداسیون را آغاز نموده که به ترشیدگی خاتمه می‌یابد.

5- انواع کاغذ

الف ـ کاغذ کرافت:

از استحکام خوبی برخوردار بوده و به دو رنگ قهوه‌ایی و سفید تولید می‌گردد و برای مصارفی مانند تهیه پاکت و یا پیچیدن محصولات غذایی در آنها مناسب است.

ب ـ کاغذهای قابل کشش:

این نوع کاغذ از طریق ایجاد موج‌های کوچک عرضی در سطح کاغذ هنگامی که هنوز مرطوب است بدست می‌آید و می‌تواند تا حدودی کشش را تحمل نموده و سپس مجدداً به حالت اول خود بازگردد.

ج ـ *کاغذهای مقاوم پس از مرطوب شدن (wet-strength papers)*

کاغذ پس از مرطوب شدن، مقاومت خود را از دست می‌دهد. بخش عمده‌ای از استحکام کاغذ بواسطه وجود پیوندهای هیدروژنه بین گروههای هیدروکسیل و کربوکسیل الیاف مجاور است. خارج کردن آب به هنگام ساخت کاغذ این پیوندها را برقرار می‌کند و بنابراین جذب رطوبت باعث جدا شدن آنها می‌گردد. این نوع کاغذها که با کاغذهای مقاوم به بخار آب و یا واترپروف متفاوت هستند باید پس از اشباع شدن با آب قادر به حفظ استحکام خود در حد 30 درصد از استحکام کاغذ خشک باشند. برای ساخت این کاغذ، از مواد شیمیایی که قادر به ایجاد پیوند هیدروژنه هستند استفاده می‌گردد که در این مورد به موادی مانند اوره و رزین‌های آمینی اشاره نمود. این مواد به هنگامی که خمیر در حال آماده شدن است اضافه شده و در مرحله خشک کردن تکمیل می‌شوند. این نوع کاغذ بیشتر برای پوشش‌های خارجی که در معرض رطوبت بالای محیط هستند مناسب است.

د - *کاغذهای مقاوم به چربی و روغن:*

در این زمینه کاغذ بر حسب مدت زمان تماس با روغن یا محصول روغنی، با موم و یا رزین‌های سنتزی پوشانده می‌شود.

ه ـ *چرم گیاهی: (Vegetable parchment)*

در دو مرحله تولید می‌شود. در مرحله اول و طبق روش فوردینیر، کاغذ بدست می‌آید که در مرحله دوم از میان حمام اسید سولفوریک که درجه حرارت و قدرت آن کاملاً کنترل شده عبور می‌نمایند. با غوطه‌ور نمودن کاغذ جاذب در اسید غلیظ، الیاف سلولزی متورم شده، خلل و فرج خود را پوشانده و فضای خالی بین الیاف پر می‌گردد و بدین ترتیب پیوندهای هیدروژنه زیادی شکل می‌گیرد و کاغذی به دست می‌آید که به آب مقاوم بوده، فاقد پرز (lint)، طعم و بو است و به چربی و روغن نیز مقاوم است و وزن آن 40 تا 75 گرم برای هر مترمربع متغیر می باشد.

و ـ *کاغذ گلاسه:*

با عبور کاغذهای مقاوم به چربی از یک ماشین مخصوص فشرده کردن، سطح کاغذ جلای خاصی دیده و دانسیته آن کاملاً افزایش می‌یابد. ساختار کاملاً بهم بافته و هیدراته سلولز در کاغذ گلاسه این امکان را فراهم می‌آورد تا آن را برای دامنه وسیعی از موادغذایی استفاده کرد. البته کاغذ گلاسه مقاوم به رطوبت نیست و برای جبران این نقیصه باید پوشش دهی صورت گیرد که بدین ترتیب می‌توان درب‌بندی با حرارت را نیز انجام داد.

ز ـ *کاغذ حریر:*

از دسته کاغذهای بسیار نازک و نرم با وزن 17 تا 30 گرم برای هر مترمربع هستند و در مواردی که محصول در معرض خطر خراشیدگی و خشک شدن باشد از آن استفاده می‌گردد.

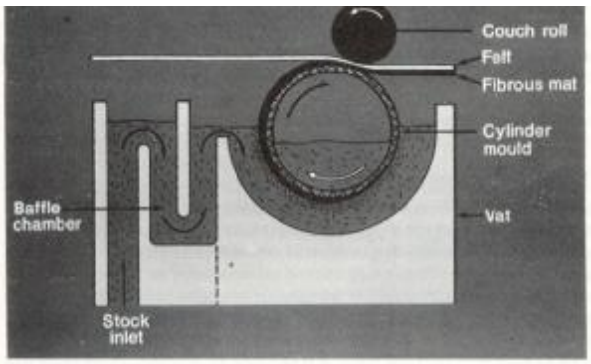
کاغذ را می توان به اشکال گوناگون مورد استفاده قرار داد. اخیرا و با توجه به افزایش استفاده از مایکروویو، تولید بسته های کاغذی که سازگاری خوبی نیز با سِیستم فوق دارند آغاز شده است. محتوای بسته‌های کاغذی را به راحتی می‌توان در صورت نیاز در مایکروویو فرآیند نمود. بسته‌های Popcorn که بعد از قرار گرفتن در دستگاه مایکروویو به صورت پف کرده در می‌آیند و همزمان حجم بسته کاغذی نیز افزایش می‌یابد، از این دسته به شمار می‌آیند (شکل 11).

شکل 11- بسته کاغذی مخصوص تهیه پاپ کورن در مایکروویو

6- تولید مقوا

مقوا از موادی است که به شکل گسترده‌ایی جهت بسته‌بندی بکار می‌رود. بر اساس تعریف ISO در صورتیکه کاغذ دارای وزن 250 گرم در هر مترمربع ($250\ ^{g}/_{m2}$) یا بیشتر باشد، آن را مقوا می‌نامند. مقوا عمدتاً

از الیاف سلولزی حاصل از چوب تهیه شده است. ساختار مقوا می‌تواند از یک لایه یک دست (y) تا 2 الی 8 لایه تشکیل شده باشد. لایه فوقانی معمولاً از خمیر چوبی که به روش شیمیایی تهیه شده و رنگبری گردیده است، می‌باشد. در زیر این لایه، یک لایه با کیفیت پایین ولی رنگ روشن وجود دارد تا از دیده شدن رنگ خاکستری یا قهوه‌ای، لایه‌های میانی جلوگیری نماید. خواص ساختار مقوا بسیار شبیه به آنچه در مورد کاغذ گفته شده بوده و خواص اختصاصی آن بیشتر تابع تعداد لایه‌های بکار رفته است. رگه یا الیاف در آن به صورت machine diredion (MD) یعنی هم جهت با حرکت ماشین است و کمتر از نوع cross direction (CD) و عمود بر MD است. بنابراین استحکام نوع MD آن بیشتر می‌باشد. از نظر خواص سطحی، بستگی بسیار به عملیاتی دارد که بر روی لایه فوقانی و تحتانی صورت گرفته است. خواص نوری آن نیز شبیه به کاغذ است و همانگونه که ذکر شد باید جهت جلوگیری از بد رنگ شدن، یک لایه روشن زیر لایه فوقانی در نظر گرفته شود. نحوه ساخت آن نیز شبیه به کاغذ است و از ماشین فوردراینیر استفاده می‌گردد. با توجه به اینکه تهیه لایه ضخیم در این ماشین دشوار است، تنها راه حل ساخت لایه‌های نازک و سپس متصل کردن آنها به هم است. در زمینه ساخت مقوا می‌توان از قالب‌های استوانه‌ای (شکل8) نیز استفاده کرد که در این حالت استوانه گرم در درون یک ظرف حاوی خمیر رقیق در حال چرخش بوده و با قرار گرفتن لایه نازکی از خمیر رقیق بر روی آن، در نهایت به صورت ورقه نسبتاً ضخیم خارج می‌گردد. برای آنکه بتوان به صورت همزمان، چند لایه را تولید و بر روی هم قرار داد می‌توان تعدادی از ماشین‌های فوردراینیر را پشت سر هم قرار داد و یا آنکه یکی از این ماشین‌ها را در کنار یک یا چند قالب استوانه ای مورد استفاده قرار داد.



شکل 8- قالب‌های استوانه‌ائی ساخت مقوا

از نظر انواع مقوا ممکن است به صورت ساده (plain) باشد که در آن هیچگونه تیمار بر روی سطح انجام نگرفته و در مواردی که نمایش بسته اهمیت چندانی ندارد استفاده می‌گردد خاصیت چاپ‌پذیری خوبی نداشته از استحکام زیاد برخوردار نیست. نوع دیگر، مقوای با رویه سفید است که علاوه بر ظاهر مطلوب، قابلیت چاپ و تاخوردگی را به خوبی دارا است و بیشترین مصرف را در بین مقواها دارد. سطح داخلی آن چندان جذاب نبوده و بنابراین از این مقوا در مواردی که ظاهر سطح داخلی از اهمیت برخوردار نیست استفاده می‌گردد. گاهی در اثر پرکردن قوطیهای ساخته شده از این نوع مقوا با آرد یا محصولات حاوی روغن لکه‌هایی بر روی سطح داخلی ایجاد می‌گردد که در این موارد استفاده از کیسه‌های پلاستیکی توصیه می‌شود. اگر کارتن ساخته شده از این مقوا، به صورت مکرر باز و بسته شود در این صورت برای آنکه ظاهر مقوا در قسمت داخلی نیز بهتر شود، باید از مقوایی که دو رویه آن سفید است (duplex board) استفاده نمود. از دیگر انواع مقوا باید مقوای حاصل از خمیر خالص را (pure pulp board) نام برد که برای آرد، محصولات قنادی و شکلات که احتمال نشت روغن و ایجاد لکه می‌رود استفاد می‌شود. در این نوع مقواها، آن را با لایه ای از کاغذ ضد چربی و یا کاغذهای موسوم به چرم گیاهی و یا کاغذ گلاسه پوشش می‌دهند. مقوای دارای لایه‌ای از موم مقوایی است که می‌تواند در صنایع بسته‌بندی موادغذایی استفاده شود و بیشتر از آن برای بسته‌بندی محصولات منجمد و سرد بهره برده می‌شود. اخیراً به جای موم از ترکیبات پلی‌اولفینی به صورت روکش استفاده می‌گردد.

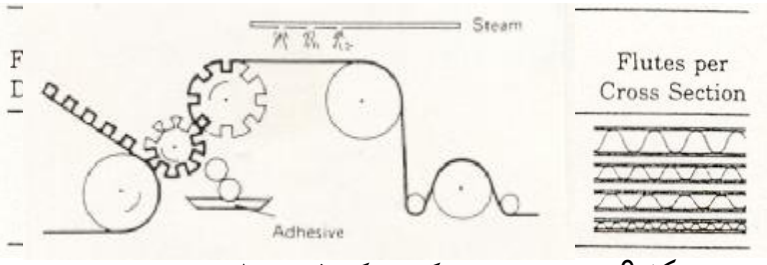
یکی از تمهیداتی که در جهت افزایش مقاومت مقوا خصوصاً نسبت به ضربه انجام می‌گیرد، قرار دادن یک لایه کنگره‌دار (corrugated) یا چین خورده (fluted) بین دو یا چند لایه کاغذ است و ممکن است 1 تا 3 لایه باشد که با افزایش مقدار آن مقاومت مکانیکی مقوا نیز افزایش می‌یابد. جهت چین‌دار کردن مقوا، آن را از میان غلطک‌های گرم همراه با جریان بخار عبور می‌دهند. بخار مقوا را نرم کرده و قابل چین خوردن می‌نماید. مقوای نرم سپس از غلطک‌های کنگره‌دار عبور نموده و ضمن آن بر سطح فوقانی آن چسب اضافه می‌شود. در همین زمان یک لایه کاغذ بر روی مقوای چین خورده قرار داده می‌شود (شکل9). امروزه مقواهای کنگره‌دار بر حسب تعداد چین‌ها و ارتفاع هر چین به چهار دسته A و B و C و E که به ترتیب درشت، ریز، متوسط و بسیار ریز هستند تقسیم می‌گردند. (جدول 3). از انواع A ، B و C در مصارف صنعتی استفاده می‌گردد، حال

آنکه نوع E بیشتر در مواردی که ظاهر بسته از اهمیت بسیاری برخوردار باشد معمولاً با کاغذ دارای کیفیت چاپ بسیار خوب پوشانده می‌گردد.

جدول 3 انواع مقواهای چین خورده

کد مقوا	تعداد	ارتفاع هر	میزان تحمل به نیرو
درشت (A)	104-125	4/5-4/7	140
ریز (B)	150-184	2/1-2/9	180
متوسط (C)	120-145	3/5-3/7	165
بسیار ریز (E)	275-310	1/15-1/65	485

کاغذهایی که جهت چین‌دار کردن مورد استفاده واقع می‌شوند می‌تواند، کاغذهایی چون آنچه به روش نیمه شیمیایی بدست آمده، کاغذ حاصل از الیاف نی و خیزران، کاغذ کرافت و بالاخره کاغذ حاصل از ضایعات باشد. در مورد کاغذهای روکش‌دهنده (liners) که جهت پوشش چین‌ها استفاده می‌گردد، معمولا از کاغذ کرافت رنگبری نشده و یا سایر کاغذهای با کیفیت نسبتاً پائین استفاده می شود. جدول 4 گراماژ این کاغذها را نشان می‌دهد. چین‌دار کردن به شکل محسوسی مقاومت را افزایش می‌دهد. گذشته از آن می‌توان با استفاده از روش ایجاد «اتصالات عرضی» و بکارگیری الیافی که در آنها اتصالات عرضی هم بوجود آمده است، به استحکام مقوا افزود.



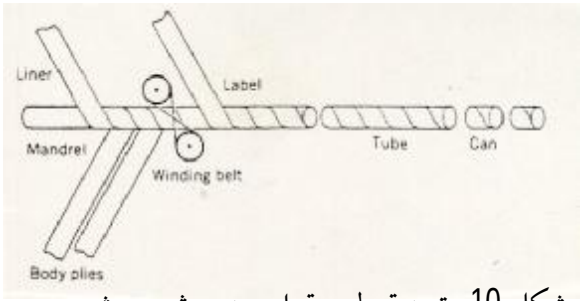
شکل9- نحوه چین دار کردن کاغذ و مقطع عرضی چین ها

در روش تهیه کاغذ اصولاً الیاف به صورت موازی هم و موازی جهت ماشین تولید کاغذ در می‌آیند و بنابراین اگر از آنها جهت تولید قوطی استفاده گردد، در مقابل فشارهای عمودی مقاومت چندانی از خود نشان نمی‌دهند که برای رفع آن، دو روش مورد استفاده قرار می‌گیرد:

در حالت اول لایه‌های کاغذ به صورت مورب روی هم قرار داده می‌شوند (شکل10) که به این ترتیب الیاف نیز به صورت مورب قرار گرفته و بنابر این از استحکام بیشتری برخوردار خواهند بود. در تکنولوژی جدیدتر از کاغذهایی که برخی از الیاف آن با زاویه 90 درجه در کنار الیاف موازی واقع شده‌اند، استفاده شده است.

جدول 4 وزن کاغذهای مورد استفاده جهت پوشش لایه‌های چین‌خورده (گراماژ) $^{g}/_{m2}$

کاغذ	گراماژهای در دسترس									
کرافت			125	150		200	250	300		.
خیزران		115			175	200	250	300	00	
تک لایه			125	150		200				50
معمولی						200				

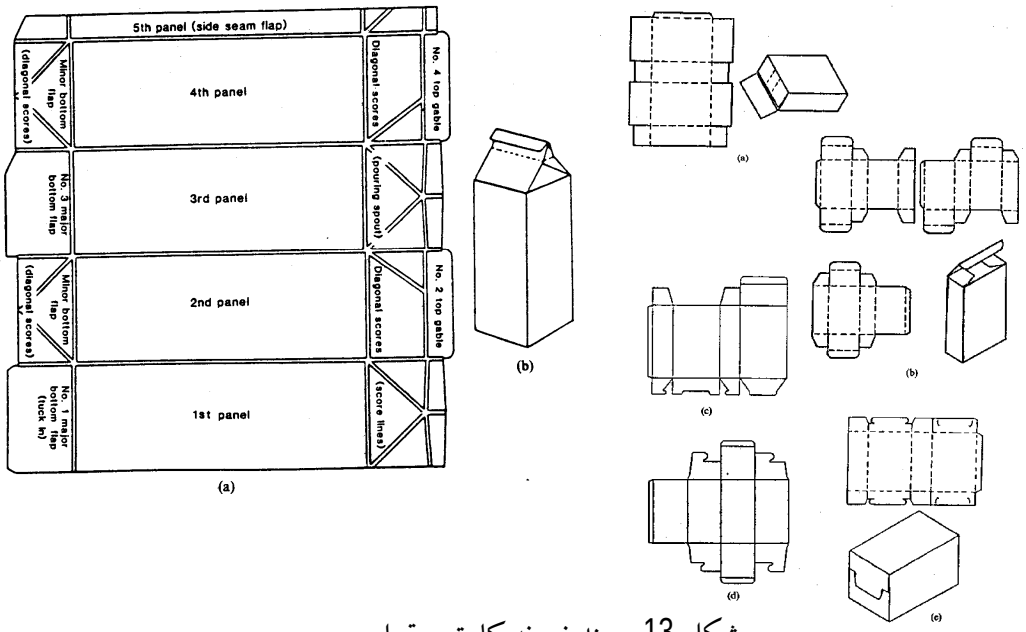


شکل 10- تهیه قوطی مقوایی به روش پیچش مورب

6- انواع بسته های مقوایی

گذشته از قوطی های مقوایی که طرز ساخت آن بیان گردید و معمولا دارای درب های فلزی (آلومینیوم و یا فولاد قلع اندود) در بخش های فوقانی و تحتانی هستند و حتی می توان انها را تحت خلا نیز در آورد، (شکل 12) مقوا را می توان به صورت انواع کارتن های کوچک و بزرگ در آورد که انواع کوچکتر به شکل وسیعی به عنوان بسته اولیه کاربرد دارند(شکل 13).

شکل 12- قوطی ساخته شده از مقوا به روش مورب با در تحتانی فولادی و در فوقانی آلومینیومی



شکل 13- چند نمونه کارتن مقوایی

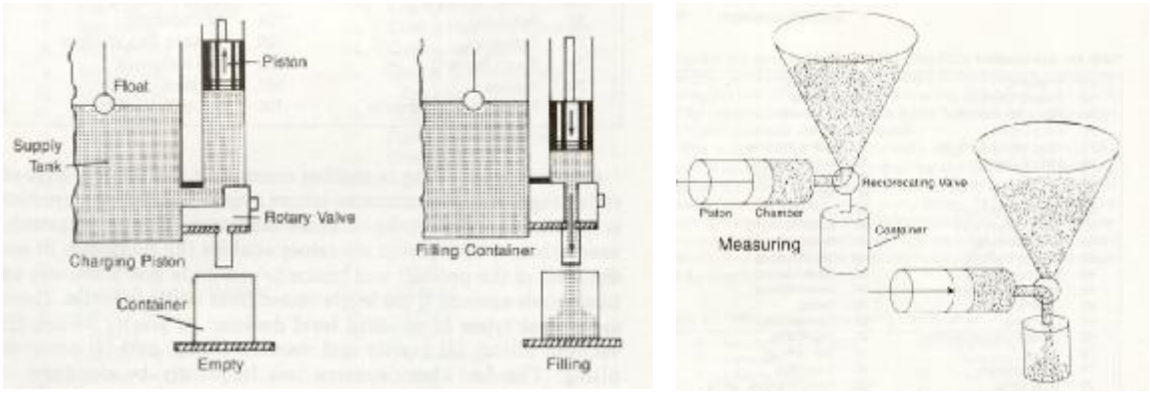
فصل هشتم

روشهای پرکردن

این روشها را می‌توان به دو دسته کلی پرکردن مایعات رقیق و غلیظ و مواد خشک تقسیم‌بندی نمود که در مورد هر یک از روشهای متفاوتی استفاده می‌شود.

الف: پرکردن مایعات

اکثر مایعات به صورت حجمی و توسط یک پیستون که در آن یا یک دریچه رفت و برگشتی تعبیه شده و یا آنکه دریچه به دور خود می‌چرخد. در هر دو صورت با هر حرکت پیستون، مقداری از غذای مایع موردنظر از طریق دریچه وارد ظروف بسته‌بندی خواهد شد (شکل 1).

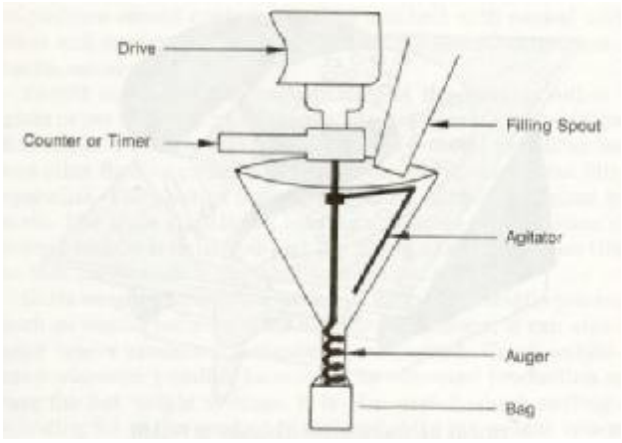


شکل1- روش های پر کردن پیستونی

روشهای حجمی دو مکانیزم متفاوت را جهت پر کردن در بر می‌گیرد. روش اول استفاده از دیافراگم و روش دوم با استفاده از فواصل زمانی معین. در حالت اول از هوا و یا یک گاز بی‌اثر و دیافراگم برای انتقال محصول به درون ظرف استفاده می‌گردد و از دقت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد و در مورد ظروفی که دارای گردن کوتاهی هستند و ارزش ماده غذایی بسیار بالاست استفاده می‌گردد. در روش دوم از صفحات چرخان و یا پرکن‌های حلزونی (عمودی) استفاده می‌گردد(شکل 2). همچنین می‌توان از پمپ‌های چرخان که از دقت خوبی هم برخوردار هستند استفاده نمود.

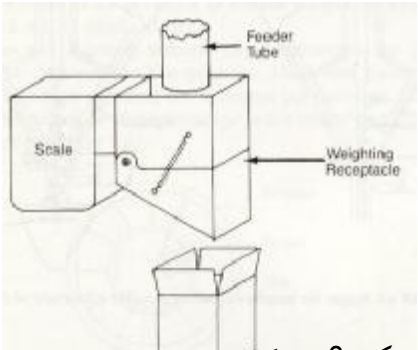
ب : پرکردن محصولات خشک

این محصولات ممکن است دارای حالت بسیار خشک تا حالت چسبنده باشند. پودرهای بسیار نرم ممکن است خطر انفجار را هم به دنبال داشته باشند و بنابراین تمهیدات لازم را باید برای آنها در نظر گرفت.



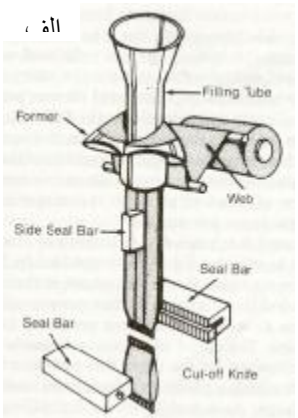
شکل 2- پرکن‌های حلزونی

محصولات پرک مانند باید با دقت بسیار فرآیند شوند تا از شکستگی آنها اجتناب شود. با توجه به تنوع محصولات خشک از روشها و وسایل بسیار گوناگونی در این قسمت بهره گرفته می‌شود ولی می‌توان آنها را در سه دسته کلی پر کردن بر حسب تعداد، بر حسب وزن و بر حسب حجم تقسیم بندی نمود. در روش اول که برای محصولاتی مانند بیسکویت و کیک و ... بکار می‌رود ابتدا محصول در ستون شمارش قرار گرفته و پس از آنکه به تعداد لازم از محصول در این ستون جای گرفت، در درون بسته جای داده خواهد شد. در همین زمینه می‌توان از چشم‌های الکترونیک و یا دیسک‌های مخصوص نیز جهت شمارش استفاده نمود. در روش دوم، وزن محصول به صورت خالص (net) و یا ناخالص (gross) سنجیده شده و سپس وارد بسته می‌گردد (شکل 3).



شکل 3- پر کردن با استفاده از سیستم ترازویی

روشهای حجمی به چهار شکل عمل پرکردن را انجام می‌دهند که عبارتند از: تحت خلا، مته‌ای (حلزونی عمودی)، فنجانی و بالاخره جریان ثابت. جریان ثابت صرفاً در محصولاتی که دارای bulk density ثابتی هستند استفاده می‌شود. در پرکن‌های تحت خلاء، مطابق خلاء ایجاد شده در بسته، محصول به درون آن ریزش می‌نماید و بنابراین حجم بسته خود عامل کنترل خواهد بود. در روش مته‌ائی (auger)، حجم معینی از محصول بواسطه چرخش حلزون عمودی به داخل بسته وارد می‌گردد و در روش پرکن‌های فنجانی، محصول به درون فنجان با حجم مشخص ریزش نموده و سپس سطح آن توسط کاردک مخصوص صاف می‌شود. صرف نظر از آنچه ذکر شد از دیگر روشهایی که امروزه به شکل وسیعی در صنعت بسته‌بندی موادغذایی استفاده می‌شود، روش شکل‌دهی–پر کردن- درب‌بندی (form-fill-seal) است که عمدتاً در مورد بسته‌های قابل انعطاف پلی‌مری قابل اجرا است. این نوع ماشین‌ها می‌تواند به صورت عمودی (شکل4) و یا افقی باشند.



شکل4- روش شکل‌دهی–پر کردن–درب‌بندی عمودی

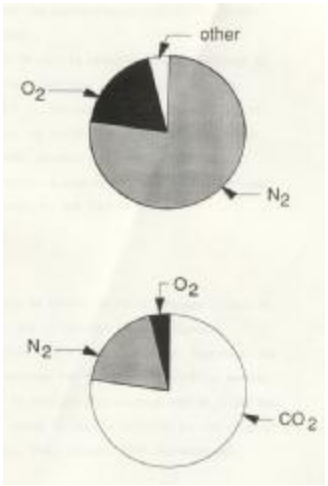
بسته‌ها ممکن است از سه طرف و یا چهار طرف درب‌بندی (seal) شوند و بسته‌های حاصل عموماً به شکل کیسه (pouch) هستند. محصولات غذایی مختلف که در ظروف و پوشش‌ها قرار گرفتند ممکن است از پوشش دیگری که به دور آنها پیچیده می‌شود نیز برخوردار گردند. پیچیدن (wrapping) امروزه در موارد بسیاری اعمال شده و ممکن است در تماس مستقیم با ماده غذایی باشد (مثلاً در مورد شکلات‌ها، آب نبات‌ها) و یا آنکه نباشد (مثلاً جعبه همان شکلات). امروزه از مواد پلی‌مری شفاف خصوصاً لایه‌های نازک پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن و PET استفاده وسیعی می‌شود، هرچند که ممکن است آنها همراه با ورق‌های نازک کاغذ و آلومینیوم نیز باشند. گاهی مواد پلی‌مری بر روی محصول انداخته شده و سپس وارد تونل حرارتی می‌گردد تا پس از جمع شدن (shrinkage)، کاملاً محصول را در بر گیرد. در بحث پیچیدن دو اصطلاح slip و COF (coeffieient on friction) مطرح است. slip به معنی سهولت حرکت لایه‌های در نظر گرفته شده جهت

پوشش در دستگاههاست که هرچه بیشتر باشد ضریب اصطکاک یا COF کمتر خواهد بود و می‌توان با سرعت بالاتر و بدون ایجاد وقفه در فرآیند (بدلیل احتمال پارگی) عملیات بسته‌بندی و پیچیدن را به انجام رساند.

فصل نهم

بسته‌بندی موادغذایی در محیط تغییر داده شده (Modified Atmosphere Packaging)

استفاده از محیط تغییر داده شده جهت افزایش عمر نگهداری موادغذایی، پدیده جدیدی نمی‌باشد و از قرن نوزدهم میلادی دانشمندان دریافتند که می‌توان با افزایش مقدار گاز Co_2 و کاهش مقدار اکسیژن، انجام واکنش‌های متابولیکی در محصولات دارای تنفس را به تأخیر انداخته، سرعت رشد میکروب‌های هوازی را کاهش داد. از دیگر مزایای این روش می‌توان به مواردی همچون کاهش چروکیدگی محصول به دلیل از دست دادن رطوبت، ایجاد تأخیر در رسیدن محصول خصوصاً میوه و سبزی و بالاخره حفظ بهتر رنگ، عطر و طعم و بافت اشاره نمود. ذکر این نکته ضروری است که روش MAP هرگز نمی‌تواند یک محصول با کیفیت پائین را به محصولی خوب و مرغوب تبدیل نماید و بنابراین اولین گام، دارا بودن محصول مناسب و با کیفیت خوب است. بسته‌بندی به این روش MAP، به معنی قرار دادن محصول در بسته‌ها و پوشش‌های غیرقابل نفوذ یا تا حدودی نفوذپذیر به گازها است. سپس ترکیب فضای درون بسته بگونه‌ایی تغییر داده می‌شود که شباهتی به ترکیب هوا نداشته باشد. هوا دارای 78 درصد ازت و 21 درصد اکسیژن و حدود 0/03 درصد دی‌اکسید کربن است. این سه گاز عیناً در بسته‌های MAP بکار رفته‌اند با این تفاوت که نسبت آنها تغییر یافته است (شکل 1).



شکل 1- ترکیب گازها در هوای خشک و بسته های با محیط هوای تغییر یافته

در همین زمینه اصلاح CAP یا controlled Atmosphore packaging نیز وجود دارد. در این حالت، تغییرات ترکیب گاز دائماً تحت نظارت قرار داشته و سعی در حفظ آن می‌باشد حال آنکه در MAP صرفاً در هنگام

بسته‌بندی نسبت گازها تنظیم می‌گردد. گاهی نیز بسته‌بندی در خلا صورت می‌گیرد (vacuum packaging) که در این حالت تمامی گاز درون بسته خارج می گردد.

1- ترکیب گازهای مورد استفاده در MAP

الف : اکسیژن

حضور اکسیژن می‌تواند برای ماده غذایی مضر باشد زیرا توسط میکروب‌های عامل فساد مصرف شده و یا در انجام واکنشهای آنزیمی مخرب دخالت نماید و بنابراین در موارد متعددی، مقدار آن به شدت کاهش پیدا می‌نماید. در مورد میوه‌ها و سبزیها حضور مقداری اکسیژن جهت حفظ سلامت فیزیولوژیک آنها ضروری است. علاوه بر این مقداری اکسیژن برای حفظ رنگ قرمز مطلوب در گوشت باید وجود داشته باشد.

ب : دی اکسید کربن

این گاز از رشد بسیاری از میکروارگانیزمها جلوگیری می‌نماید. مخمرها، قارچها و باکتریهای هوازی که همگی نیاز به اکسیژن دارند تحت تأثیر این گاز قرار گرفته، بی اثر می‌گردند. البته باکتریهای غیرهوازی و باکتریهای اسید لاکتیک تحت تأثیر این گاز قرار نگرفته و به حیات خود ادامه می‌دهند، هرچند تأثیر باکتریهای اسید لاکتیک در حضور گاز دی‌اکسید کربن به مراتب کمتر شده و بنابراین عمر نگهداری افزایش خواهد یافت. اثر بازدارندگی این گاز به عواملی مانند غلظت گاز، زمان اثردهی، درجه حرارت، تعداد میکروب‌های اولیه و a_w بستگی دارد. دی‌اکسیدکربن در آب محلول بوده و توسط غذاهای حاوی رطوبت نسبتاً زیاد جذب می‌شود که این امر می‌تواند پس از طی مدت زمانی باعث چسبیدن بسته به سطح ماده غذایی گردد. با توجه به اینکه حلالیت گاز در درجه حرارت‌های پائین افزایش می‌یابد می‌توان انتظار داشت که MAP در سرما اثر بیشتری را داشته باشد.

ج : ازت

گازی بی‌اثر است که به عنوان پر کننده و جایگزین اکسیژن به کار می‌برند. گرچه از رشد میکروب‌ها جلوگیری نمی‌کند. ولی با توجه به جایگزینی با اکسیژن، این عمل به نوعی صورت می‌گیرد. نیتروژن را برای

جلوگیری از چسبیدن بسته به غذا نیز به اتمسفر می‌افزایند. جدول 1 خلاصه‌ایی از اثر هر یک از گازهای فوق را نشان می‌دهد.

جدول 1- خلاصه خواص گازهای موجود در MAP

نام گاز	***خواص و اثرات***
اکسیژن	متوقف کردن متابولیسم پایه
	جلوگیری از فسادهای هوازی
	از نظر شیمیایی بی‌اثر
نیتروژن	جلوگیری از اکسیداسیون (رنسید شدن)
	جلوگیری از رشد کپک‌ها
	متوقف نمودن فعالیت باکتریها و قارچ‌ها
دی‌اکسید کربن	محلول در چربی و آب
	جلوگیری از حمله حشرات و آفات
	آسیب رساندن به محصول در غلظت بسیار بالا

2- امکانات و اطلاعات مورد نیاز

الف: دستگاه ایجاد خلا و تزریق گاز

جهت ایجاد MAP ابتدا در درون بسته خلاء ایجاد شده و هوا کاملاًخارج می‌گردد و سپس گاز با ترکیب مشخص به درون بسته تزریق می‌شود. گاهی نیز عمل خلا صورت نگرفته و صرفاً گاز با ترکیب معین با فشار تزریق می‌گردد که همین فشار باعث می‌گردد تا هوای درون بسته خارج گردد.

ب :لایه‌ها و پوشش‌های مورد استفاده

این لایه‌ها متنوع بوده ولی باید از نوع مجاز باشند (food grade)، معمولاً به صورت چند لایه (laminate) از آنها استفاده می‌گردد. لایه‌ها متفاوت بوده ولی در هر حال از PE و surlyn در ترکیب آنها

استفاده شده است. لایه‌ها ممکن است از پلی‌مرهای مختلفی تهیه شده باشند که می‌توانند شامل نایلون (که دارای نفوذپذیری متوسط بوده) تا ساران (که کاملاً نفوذناپذیر است) باشند. جدول ذیل (شماره 2) خصوصیات تعدادی از این لایه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول 2- خصوصیات لایه‌های پلی‌مری مورد استفاده در MAP

نام لایه	***انتقال اکسیژن*** $cc/m^2/24\ h$	***انتقال رطوبت*** $g/m^2/24\ h$	***قابلیت شکل‌دهی***	***قابلیت درب‌بندی***
PA (نایلون)	58	295	بسیار خوب	ضعیف
PVDC-PA	15	20	بسیار خوب	ضعیف
EVOH-PA	5	300	بسیار خوب	ضعیف
OPE	74	18	ضعیف	ضعیف
پلی‌استر متالیزه شده	0/1	0/6	ضعیف	ضعیف
OPA	22	168	ضعیف	ضعیف
OPP	2000	6	ضعیف	ضعیف
PVDC -OPP	8	4	ضعیف	ضعیف
PP	3000	11	ضعیف	خوب
PVC	125	100	-	ضعیف
اکریلونیتریل (Barex)	12	78	-	ضعیف
PE (EVA %4)	8000	25	ضعیف	خوب
PE (EVA %8)	8500	30	خوب	بسیار خوب
PE (EVA %18)	13000	40	خوب	بسیار خوب
L-LDPE	5000	10	خوب	بسیار خوب
یونومر (Surlyn)	5400	27	خوب	بسیار خوب

ج :نسبت گازها در ترکیب

تعیین مقدار گازها در مخلوط برای هر نوع محصول غذایی متفاوت است و در این زمینه باید مواردی مانند میزان حساسیت ماده غذایی، نیاز ماده غذایی به گاز(های) خالص، فسادهای عمده در ماده غذایی مورد نظر و ... توجه نمود. به عنوان مثال اگر مهم‌ترین عامل محدود کننده، فساد میکروبی است، استفاده از مقادیر زیاد Co_2 جهت جلوگیری از رشد آنها عملی سودمند خواهد بود. همانگونه که ذکر شد در مواردی که

فاکتورهایی چون رنگ مطرح است (مثلاً در مورد گوشت) وجود درصدی از گاز اکسیژن مفید خواهد بود. جدول شماره 3 ترکیب گازها را در مورد تعدادی از محصولات نشان می‌دهد.

جدول 3- ترکیب مناسب گازها در MAP در چند فرآورده غذایی

نام محصول	اکسیژن	نیتروژن (%)	دی‌اکسید کربن(%)
ورقه‌های نازک گوشت	0	20	80
نان	0	60	40
پیتزا	0	80	20
ماهی تازه (چرب)	0	70	30
ماهی سفید تازه	0	60	40
گوشت قرمز تازه	70	10	20
گوشت مرغ تازه	0	50	50
سوسیس	40	60	-
Pasta (تازه)	0	-	100
سیب درختی	2	1	97
گوجه فرنگی	4	4	92

در مورد گوشت قرمز با توجه به وجود میوگلوبین، افزودن مقدار قابل توجهی گاز اکسیژن جهت حفظ رنگ قرمز ضروری است. در مورد طیور با توجه به اینکه از میوگلوبین کمتری برخوردار هستند می‌توان از گاز دی‌اکسید کربن بیشتری استفاده نمود بدون آنکه رنگ آسیبی ببیند. در مورد ماهی‌ها، حذف اکسیژن جهت جلوگیری از اکسیداسیون چربیهای آنها باید مورد توجه باشد، ضمن آنکه باید بسته‌ها را در برودت کمتر از 30 درجه سانتی‌گراد حفظ نمود.در مورد میوه‌ها و سبزیها نیز توجه به پروفیل گاز ضروری است. شکل 2 و3، غلظت گاز اکسیژن که در کمتر از آن غلظت، فساد به تأخیر می‌افتد و غلظت گاز دی‌اکسیدکربن که در بالاتر از آن غلظت، فساد رخ نخواهد داد را نشان می‌دهد. به عنوان مثال در مورد نخود سبز (نخودفرنگی) میزان اکسیژن باید در بسته کمتر از 5 درصد و میزان گاز دی‌اکسید کربن بیش از 7 درصد باشد. در محصولاتی مانند سیب و گلابی نیز غلظت اکسیژن را باید تا حد 2 درصد و کمتر کاهش داد، حال آنکه گاز کربنیک باید حداقل 1 درصد باشد و مقادیر بیشتر آن توصیه می‌شود.

شکل 2-نحوه اثر کنترلی گاز های اکسیژن و دی اکسید کربن در سبزی ها

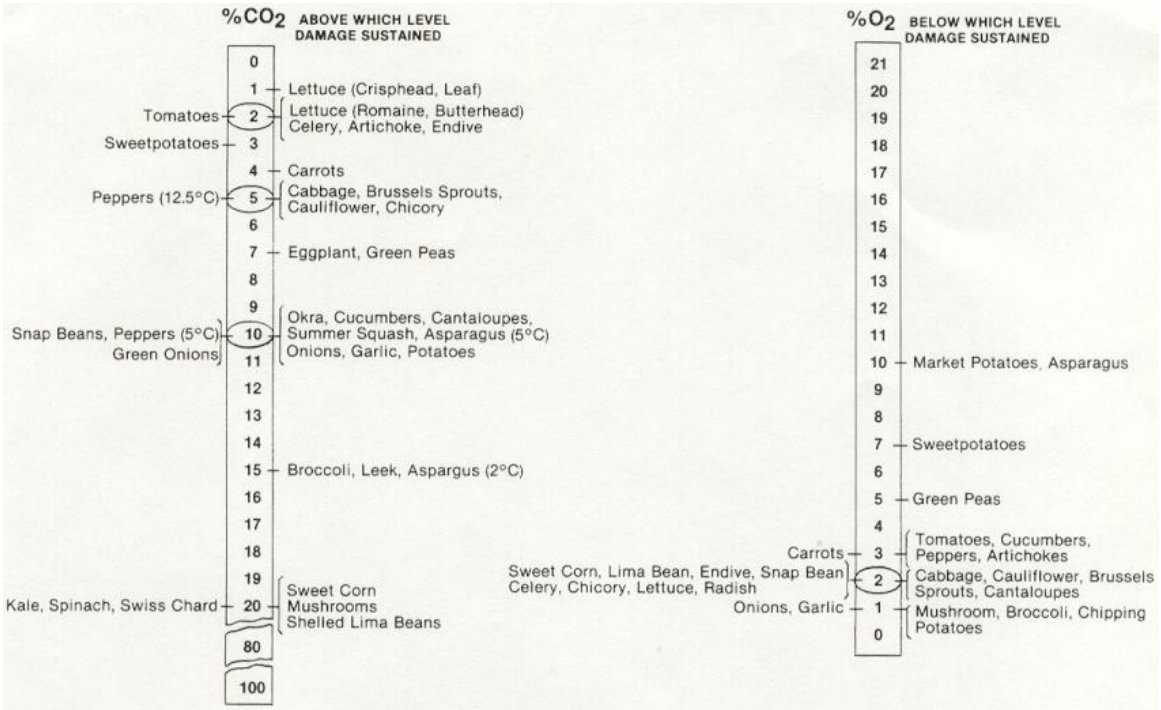
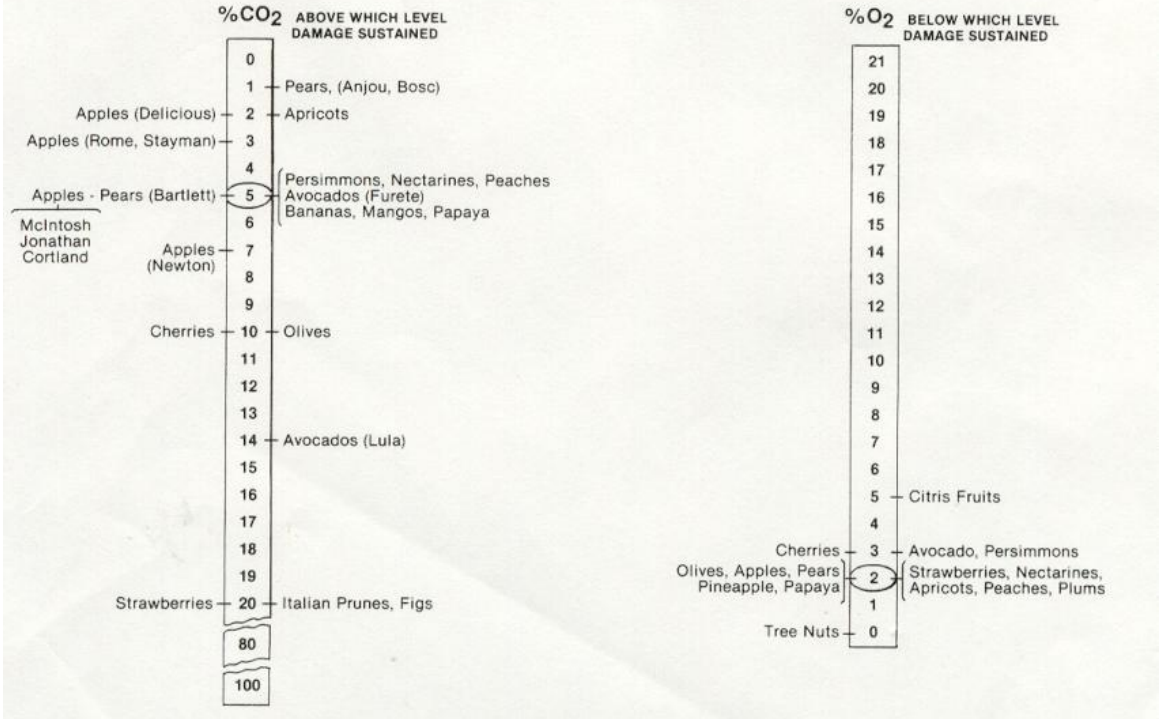


Figure 3. Relative tolerance of vegetables to elevated CO_2 and reduced O_2 levels

شکل 3-نحوه اثر کنترلی گاز های اکسیژن و دی اکسید کربن در میوه ها



با توجه به تنوع مواد غذایی از نظر ترکیب و نحوه نگهداری بسته بندی آنها بصورت MAP نیز متفاوت می باشد که در این زمینه چندین مثال ذکر خواهد شد.

1- گوشت

گرچه با کاهش مقدار اکسیژن، رنگ گوشت به قهوه ایی متمایل خواهد شد، اما وجود اکسیژن می تواند بار میکروبی را بشدت افزایش دهد و بنابراین گاهی از لایه های PVDC همراه با EVA جهت بسته بندی گوشت استفاده می شود. اما بهرحال اکنون دراکثر کشورها، از سینی های EPS همراه با پوشش ساران یا پلی اتیلن استفاده می گردد. در مورد ماکیان نیز همین روش انجام می شود ولی صرفاً مخلوط گازهای CO_2 و N_2 با نسبت معینی تزریق می گردد.

2- لبنیات

الف: شیر تازه

اگر در بسته های «تترا-بریک» بسته بندی شود، دارای لایه های پلی اتیلن/پلی اتیلن/ مقوای نازک/ پلی اتیلن است. در صورتی که هدف تولید شیر بصورت استریل باشد، یک لایه آلومینیومی نیز به جمع لایه ها اضافه خواهد شدیعنی بصورت پلی اتیلن/ پلی اتیلن/ آلومینیوم/ پلی اتیلن/ مقوای نازک/ پلی اتیلن در خواهد آمد. ضخامت ورق آلومینیوم حدود 15 میکرون است و لایه های داخلی پلی اتیلن به ترتیب ضخامتی برابر با 35 و 25 میکرون میکرون دارند، گرچه می توان از ضخامت های کمتر هم استفاده نمود.

ب: پنیر

بسته های پنیر باید نسبت به اکسیژن مقاوم باشند (کمتر از 1 میلی لیتر اکسیژن / 100 اینچ ربع/ فشار اتمسفر/ 24 ساعت باید عبور نماید) تا بدین ترتیب از رشد کپک جلوگیری شده و در ضمن چربی موجود در پنیر که مقدار قابل ملاحظه ای است، اکسید نشود. همچنین عبور رطوبت از بسته باید ناچیز باشد و دارای انعطاف پذیری خوبی باشد بطوری که بر اثر تا خوردن دچار شکستگی نشود. در جهت تامین این نیازها معمولاً لایه های OPP یا PA که با PVDC پوشانده شده اند و دارای ضخامتی حدود 1 میل (25 میکرون) بوده بین آنها EVA (نوع 18 درصد) قرار گرفته است مورد استفاده قرار می گیرند. نوع فیلم با نام تجاری کورپولن

(curpolene) می شود. پنیر رنده شده در کیسه های PET که با PVDC پوشیده شـده انـد و دارای EVA و یـا یونومر بعنوان عامل چسبنده می باشند، قرار میگیرد. گاهی نیز از سلوفان دارای پوشش PVDC یا OPP همراه با انواع چسب ها استفاده می گردد. در مورد پنیر نکته ایی که وجود دارد آن است کـه آنهـا در دوره نگهـداری و قبل از مصرف تولید CO_2 می نمایند. از آنجا که فیلم های بـا خـواص ممـانعتی بسـیار خـوب اسـتفاده مـی شـود بنابراین CO_2 مجال خروج را نیافته و نوعی بسته پف کرده دیده خواهـد شـد و پنیـر مشـتری پسـندی خـود را از دست خواهد داد. در این مورد استفاده از BON یا ضخامت 1 میـل (25 میکـرون) ضـمن آنکـه نفوذپـذیری بـه اکسیزن را تا حد قابل قبولی حفظ می کند، اما اجازه خروج به CO_2 را خواهد داد. نسبت نفوذپذیری CO_2/O_2 در BON 5/9 است، این نسبت در OPP پوشیده از PVDC 2/3 است. این در حالی است که نفوذپـذیری OPP به اکسیژن تنها نصف BON است. در کنار آن باید توجه داشت که مقـدار گـاز CO_2 تولیـدی برحسـب شـرایط نگهداری و مقدار میکروارگانیزم ها پنیر متفاوت است، گاهی استفاده از BON درحد 1 میل کافی نخواهـد بـود و در این حالت استفاده از BON در حد کمتر از یک میل و یا PET بدون پوشش توصیه شده است که به قیمت فدانمودن نفوذناپذیری لایه به اکسیژن خواهد بود. در مواردی نیز از بسته هـای تتراپـک کـه در آنهـا لایـه هـای کاغذی بکار نرفته (مانند آنچه درمورد شیر گفته شد) استفاده شده است.

3- نوشابه های گازدار

بسته انتخـابی PET اسـت، هرچنـد کـه نفوذپـذیری آن بـه گـاز CO_2 (20 میلـی لیتـر/100 اینچ مربـع/ 25 میکرون/ اتمسفر/ 24 ساعت) خصوصاً در بطری های کمتر از 1/5 لیتر که حدود 60 درصد بازار مصرف نوشابه هارا تشکیل می دهند زیاد است.

ج: پرتزل (Pretzels)

فراورده ایی است که از مخلوط نمودن آرد دو چند جزء دیگر بدست می آید و سـپس در محلـول سـود غوطه ور شده تا رنگ قهوه ای پیدا کند و سپس در آون های طویل پخته می شود. نمونه ساده آن چـوب شـور است. از بسته های ذیل جهت بسته بندی آن استفاده می شود.

OPP پوشیده شده با OPP / PE/ PVDC

سلوفان پوشیده شده با OPP / PE / PVDC

در حالت دوم، ضخامت لایه سلوفان بیش از 3 برابر OPP است.

4- تنقلات (لب چره ها)

بسته های مورد استفاده باید غیرقابل نفوذ به بخار آب، روغن، اکسیژن باشند و جهت بسته بندی آنها برحسب مورد از لایه های ذیل استفاده می گردد. glassin کاغذی است که هر مترمربع مربع آن دارای 50 گرم وزن بوده و 5 تا 7 پاوند PVDC بر روی آن قرار گرفته است.

- OPP /EVA یا Ionomer /HDPE /
- PVDC/ glassine / یا چسب / OPP
- Ionomer/OPP / یا OPP / PVDC
- OPP / متالیزه / PE یاOPP / Ionomer
- Ionomer/OPP یا OPP / PVDC
- (EP) Ethylenepropylene / OPP-EVA / PVDC / EP

الف: چیپس سیب زمینی

با توجه به اهمیت این محصول، نفوذناپذیری به نور، اکسیژن و رطوبت کاملاً ضروری است و از بسته های ذیل استفاده می گردد.

برای بسته های کوچک

ورق آلومینیوم یا PP متالیزه / چسب / HDPE / چسب / OPP

برای بسته های بزرگ

PVDC/ glassine یا ورق آلومینیوم / OPP / PE

و یا

ورق آلومینیومی یا PP متالیزه / OPP / PE

نوعی چیپس نیز در قوطی های ساخته از الیاف کاغذی به هم بافته که بصورت مورب کنار هم قرار گرفته اند و کاملاً نسبت به گاز نفوذناپذیرند، بسته بندی می شود (pringles) این قوطی ها علاوه بر لایه کاغذ دارای لایه های PP و آلومینیوم (بصورت متالیزه) هم هستند و دو انتهای آنها از جنس فولاد قلع اندود است.

ب: چیپس ذرت یا تورتیلا

ازخمیر آرد ذرت یا "masa" تهیه می شود و باید بسته بکار رفته جهت بسته بندی آن مقاومت به عبور رطوبت، اکسیژن باشد. برای بسته کوچک

OPP پوشیده شده با OPP / PE / PVDC

و برای بسته های بزرگ تر

OPP پوشیده شده با OPP / PE / PVDC

استفاده می شود. تفاوت این دو در آن است که OPP در انواع بزرگتر ضخیم تر می باشد.

د: پف فیل (Popcorn)

از بسته ای با ترکیب ذیل جهت بسته بندی آن استفاده می گردد.

OPP پوشیده شده با OPP / PE / PVDC

و یا

OPP متالیزه شده/ OPP / PE

برای بسته بندی پف فیل مناسب جهت استفاده در مایکروویو از دو لایه کاغذ همراه با PVA بعنوان heat-sealer استفاده میگردد. PVA بگونه ای برروی لایه های کاغذ قرار می گیرد که دارای فواصلی برای خروج بخار آب باشد.