



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی
گروه علوم و صنایع غذایی

اصول و مبانی بسته بندی مواد غذایی

ویرایش دوازدهم

گردآوری:
دکتر مهدی کدیور

بهمن ۱۴۰۱

پیش‌گفتار

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 دغدغه‌های عمده در کشورهای جهان است. متأسفانه میلیون‌ها تن از فراورده‌های غذایی در هر سال به علل مختلفی از جمله فعالیت میکروباها، فسادهای شیمیایی و آنزیمی و عوامل محیطی از بین می‌روند که مبارزه ای پیگیر به منظور جلوگیری از اتلاف این مواد را می‌طلبد. در این مبارزه، بسته‌بندی و حفاظت از مواد غذایی، نقش چشمگیری را بر عهده داشته و دارد. استفاده از پوشش‌های گوناگون و متنوع برای بسته‌بندی مواد غذایی اکنون به صورت صنعت عظیمی در آمده است و روز به روز از تعداد محصولات کشاورزی و فراورده‌های صنعت غذا که بدون پوشش و بسته به بازار مصرف ارائه می‌شوند، کاسته می‌شود. در حال حاضر با توجه به رشد و ایجاد تحول در فرهنگ مصرف، استفاده از مواد بسته‌بندی شده جایگاه ویژه‌ای را در میان مردم پیدا کرده است. امروزه هر چند بسته‌بندی در درجه اول بمنظور حفظ ماده غذایی در برابر عوامل بیرونی است اما امروزه ضمن آنکه وسیله‌ای جهت افزایش ماندگاری است، عامل ارتباط بین ماده غذایی درون بسته و خریدار نیز می‌باشد و بسته و بسته‌بندی 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 فناوری 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 فراورده‌های تولید شده در یک کارخانه یک ضرورت به شمار آمده و حتی بخش‌های خاصی بدان اختصاص یافته است. بدیهی است توجه به دغدغه‌های زیست محیطی نیز ضروری بوده بگونه‌ای که بتوان از این صنعت مفید بدون آنکه ضرری متوجه حیات بشر شود، بخوبی بهره برد.

فصل اول

سیر و تحول 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 منابعی مانند تنه پوک درختان، انواع نی، کدو، برگ‌ها و... را طبیعت در اختیار او نهاده، تا از آنها استفاده نماید. او بعدها توانست از قسمتهایی از بدن حیوانات مانند مثانه، پوست، شاخ، استخوان و حتی رگ و مو نیز بهره گیرد. در دوره نوسنگی، 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 ۱۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح موجود است. هرودت در تاریخ خود، به این نکته اشاره دارد که در سال ۵۳۰ قبل از میلاد نیز ایرانیان پس از غلبه بر نیروهای مصری آب مورد نیاز را با استفاده از ظروف سفالین بزرگ تأمین می‌نمودند.

در سفرنامه ناصر خسرو به مکتوبی این چنین دیده می‌شود:

"در روز سیم دیمه قدیم از سال ۴۱۶ عجم، این میوه‌ها و سپرغم‌ها (سبزیها) به یک روز دیدم که ذکر می‌رود و هی‌ها: گل سرخ، نیلوفر، نرگس، ترنج، نارنج، لیمو، مرکب (شیه نارنگی)، سیب، یاسمن، شاه اسپرغم (ریحان)، به، انار، آمرو (گلابی)، خربوزه، دستنبویه، موز، زیتون، بلیله‌تر، خرما، تر، آنگور، نیشکر، بادنجان، کدوی تر، ترب، شلغم، کُرنَب (کلم)، باقلای تر، خیار، بادرنگ (بالنگ)، پیازتر، سیرتر، جَزَر یا گَزَر (هویج)، چغندر. هر که اندیشه کند که انواع میوه و یا ریاحین که بعضی خرفی (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 نوشتم الا آنچه دیدم". (سفرنامه به اهتمام محسن خادم، قنوس، تهران ۱۳۸۲ صفحه ۱۷۲)

هنگامی که حکیم ناصر خسرو، 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 می‌توان نتیجه گرفت:

۱- برقراری ارتباط تجاری بین نواحی مختلف.

۲- وجود نوعی سیستم بسته‌بندی برای انتقال محصول فاسد شدنی از مناطق دوردست به قاهره.

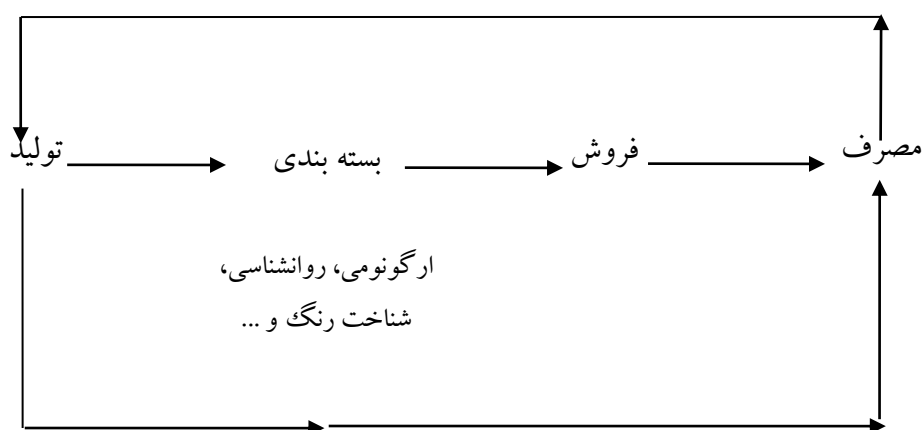
۳- وجود سیستمهای منظم حمل و نقل بین نواحی مختلف جهت انتقال محصول.

تجار و تولید کنندگان در آن زمان برای بسته‌بندی این اقلام متنوع و صدها نوع محصول دیگر از چه روشهایی استفاده می‌نمودند؟ به نظر می‌رسد با توجه به امکانات آن زمان، هدف از بسته‌بندی، بیشتر محافظت از کالا در مقابل تنشها و آسیبهای فیزیکی و جوئی بوده است. برای مثال، موادی مانند عسل و یا کره را در مَشکهای تهیه شده از پوست حیوان، نگهداری می‌کردند. نمک و محصول دانه‌ای را در خورجین می‌ریختند و محصولاتمانند هندوانه، خربزه و انگور را در سبدهای جادار قرار می‌دادند. با این همه اگر به تاریخ بسته‌بندی تا پیش از انقلاب صنعتی نگاه شود، میتوان دریافت 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 مواد مورد نیاز برای بسته‌بندی و حرکت آهسته‌ی کاروانها برای حمل و نقل را می‌توان از علل عمده این وضعیت عنوان کرد. اگر هم در این موارد نشانه‌هایی از یک نظام پیچیده در مبادله کالا دیده میشود از آن روست که سیستمهای اقتصادی و سیاسی جامعه توانسته بود از امکانات موجود حداکثر بهره را 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 اندیشه او نیز منجر به کاربرد علوم و فنون جدید شد. انرژی حرارتی، آب را بخار کرد و بخار فشرده، 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 تبدالی، چیزی جز مواد خام نداشتند. ضرورت بین‌المللی شدن تبادل کالا، رشد و توسعه ناوگان حمل و نقل جهانی بود. ابتدا پژوهشگران و مکتشفان به حرکت درآمدند، کوشش و تلاش 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 صحنه داخلی کشورهای 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، ریشه اساسی ایجاد تحولی بسیار مهم در شکل‌گیری و رشد صنعت بسته‌بندی شدند، این بار بازارها شکل جدیدی به خود گرفتند و کالاها به دلیل استفاده بیشتر از دانشی که در آنها متبلور شده بود، تا دور دستها سفر 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 مجموعه بافت و سیستم بسته‌بندی احساس شد. سامانه 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 بسته‌ها و ساخت سیستمهای بسته‌بندی در مجموعه نظام تولید کالا بازی کرده‌اند. از ترکیب این دو پوشش که گویا دو خصلت متضاد در خود دارند، یک سیستم بسته‌بندی حاصل می‌شود. یعنی پوشش حفاظتی شرایطی را ایجاد می‌کند که بر اساس آنها، از نفوذ و تأثیر عناصر مخرب بیرونی جلوگیری شده و بدین ترتیب ارتباط کالا را با جهان قطع می‌کند. پوشش ارتباطی بر عکس پوشش اول، تلاش می‌کند شرایطی برای ایجاد ارتباط کالا با جهان خارج ایجاد کند. برای مثال آن دسته از مواد غذایی که به شدت تحت تأثیر آلاینده‌های محیط قرار می‌گیرند، باید بطور کامل از جهان خارج دور نگهداشته شوند، و این در حالی است که طرحها، رنگها و برجسب موجود پوششهای حفاظتی، اطلاعات لازم در باره محتوای بسته را به جهان خارج انتقال می‌دهند. پوشش حفاظتی در بسته‌بندی باید با مجموعه‌ای از عوامل فیزیکی، شیمیایی و شرایط حمل و نقل و انبار مقابله کند و پوشش ارتباطی آن باید بتواند با استفاده از دانش روان‌شناسی و جامعه‌شناسی بر مواردی چون رقابت تجاری در حوزه اقتصاد، چیره شده و نیازهای مصرف‌کنندگان را تامین نماید، به همین دلیل، سامانه بسته‌بندی بدون توجه به عوامل فوق کامل نبوده و موفق نخواهد شد تا وظایف و اهداف خود را به انجام رساند. در کنار آن باید توجه داشت که موضوع بسته‌بندی از

شرایط پیچیده 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 و هنر توانست به مجموعه 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 نشاط و سهولت در استفاده را نیز اضافه کرد.



مستقل شدن این صنعت از مجموعه 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 شده حاصل از فرآیندهای اقتصادی رقابت-پدیده پژوهش و توسعه 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 غذایی-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 توسعه صنعت بسته‌بندی بر صنایع دیگر، بویژه در بخش کشاورزی بود. امروزه صنعت بسته‌بندی تبدیل به یک فناوری قدرتمند شده، هر چند با وجود بر طرف نمودن بسیاری از مسایل، مشکلاتی نیز در میانه مسیر تولید تا مصرف کالا ایجاد کرده که بیشتر به ارتباط میان این صنعت با محیط زیست باز می‌گردد.

با توجه به آنچه گفته شد سه عامل مهم و اصلی موثر در پیشرفت این صنعت عبارتند از:

۱-زمینه اقتصادی:

در مرحله تولید یک بسته تمام جوانب اقتصادی مورد لحاظ واقع شود. در تولید هر نوع بسته از کیسه نایلونی یک نان تا بسته نوعی شکلات گران قیمت، به سقف هزینه تولید محصول/فراورده باید توجه شود و تنها در بعضی موارد است که می توان این سقف را جا به جا 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.

۲-زمینه تکنیکی و کاربردی

محافظت از کالا، اصلی ترین وظیفه بسته بندی 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.

۳-زمینه تبلیغاتی و بازاریابی یا جادوی هنر بسته بندی

طراحی برای هر نوع فراورده تجاری بخشی از روند تولید و بازاریابی است. قبل از شروع کار، طراح باید تحقیق جامعی درباره فراورده انجام داده و اطلاعات دقیقی گردآوری نماید. وی باید فراورده را بطور کامل بشناسد و با مشخصات، امتیازات، موارد مصرف، توانائی بالقوه فروش، سلیقه ها و عادات خرید مصرف کنندگان احتمالی آن، شناخت زبان رنگها و حتی فراورده های رقبا آشنا باشد. در سامانه بسته بندی، محتوا هر چند همان کالا است اما **بسته مناسب** باید بتواند این محتوا را با نمادی متناسب با آن عرضه کند، بدیهی است که میان محتوی و نماد آن، یعنی کالا و بسته، باید رابطه ی مبتنی بر اطلاعات استوار باشد. به عبارت دیگر اطلاعات، واسطه ای میان کالا (ماده غذایی) و بسته است، به طوری که هر نمودی جلوه ای از محتوی خواهد بود. تضاد و تناقض میان این دو -اطلاعات نادرست- می تواند تمام مفهوم بسته را در یک محدوده زمانی خاص بی حاصل و بدین ترتیب اعتماد خریدار را به کلی تخریب کند، بنابراین کاهش فروش و فروپاشی تبادل برای چنین سیستمی بسیار متحمل است. از سوی دیگر هر کالایی در درون بسته بندی، دارای زمانی خاص برای حفظ ساختار و ویژگیهای خود است، بنابراین رابطه اطلاعاتی میان کالا و بسته تابع زمان معینی است و بعد از آن چنین رابطه ای گسسته می شود، بطوری که هر نوع بسته و بویژه بسته های مواد غذایی که سریعتر محتوایشان تخریب می شود، دارای بازه زمانی مشخص از نظر کاربرد و استفاده هستند. به همین دلیل کوشش تمامی تولید کنندگانی که در

بازارهای رقابتی فعالیت می کنند بر این اصل استوار است که از زمان حمل کالا تا عرضه و مصرف آن (زنجیره تامین)، رابطه اطلاعاتی میان محتوا (ماده غذایی) و نماد (پوشش یا بسته)، در زنجیره تخریب نشود و برهم نریزد. در حقیقت برای افزایش ثبات در این ارتباط است که در سامانه بسته بندی، پوشش حفاظتی مطرح می شود. هرچه پوشش حفاظتی طول عمر بیشتری داشته باشد، بسته می تواند نماد اطلاعاتی خود را برای مدتی طولانی تر - منطبق با شرایط درونی کالای خود حفظ کند.

در نگاهی دیگر، پدیده پوشش ارتباطی (یا همان نماد بسته)، تابع عامل دیگری است که می توان نام آن را **"هنر جذب مخاطب یا هنر ارتباط"** نامید. استفاده از پدیده هنر برای ایجاد جاذبه در یک پوشش ارتباطی، می تواند نقش بسیار تعیین کننده ای در فروش یک کالا داشته باشد. هنر با چنین هدفی به کمک پوشش ارتباطی و نمودی یک سیستم بسته بندی می آید. شناخت سهم هنر در نظامهای تولیدی می تواند یکی از عوامل بسیار مهم گسترش دامنه فروش و بازار باشد. آنچه که در ابتدا یک سیستم تولیدی و یا یک مدیریت قوی آبدیده در کوره رقابت باید از آن مطلع باشد مسئله **«پیام هنری»** است. یک پیام هنری موفق در حوزه بسته بندی، می تواند در خریدار یا گیرنده، احساسی به نام جاذبه و یا توجه ایجاد کند، طوری که بتواند منطق خود را فراتر از منطق حاکم بر آن ذهن، در لحظه خاص اعمال کند. بنابراین یک پیام هنری باید بتواند ذهن خریدار را تا آنجایی که ارتباط اطلاعاتی میان این پیام و محتوی، یعنی کالای درون بسته بندی از بین نرود، به خود جلب کند. هر خریداری با اندکی قدم زدن به سراغ بسته ای خواهد رفت که پیام هنری قویتری دارد، حتی اگر محتوای آن با محتوای سایر بسته ها تفاوت چندانی نداشته باشد. مدیران فروش شرکتها ورود جادوی پیام هنری در بسته را همیشه به عنوان یک عامل موفقیت در نظر می گیرند زیرا خوب می دانند که بدون چنین جاذبه ای 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 صنعت بسته‌بندی آمریکا، بسته‌بندی را «آمیزه‌ای از فن قرار دادن کالا در بسته» «بکارگیری مواد مختلف جهت محافظت مواد غذایی» و «جذابیت و جلوه‌گری بسته» می‌داند. در تعریفی سیستماتیک بسته‌بندی را می‌توان پوششی برای کالا در نظر گرفت و کالا عبارت است از دانشی که با استفاده از انرژی در جرمی تثبیت شده است.

صرف نظر از تعاریف فوق، لازم است تا کوشش شود که یک بسته با بهترین ویژگیها روانه بازار گردد و 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، آنگاه می‌توان در یک رقابت سالم به «ادبیات و فلسفه بسته‌بندی» در بر هم زدن توازن به نفع یک یا چند فروشنده-در میان خیل عظیم فروشندگان-بهرتر پی بُرد. بسته و پوشش جایگاهی مهم برای برقراری ارتباط و وسیله‌ای برای تبلیغ بشمار می‌آید. به این ترتیب انتخاب پوشش مناسب نقش کلیدی را بر عهده دارد و بنابراین ضرورت دارد که در این مورد، به سوالاتی که یافتن پاسخ آنها راه‌گشا خواهد بود، جواب داده شود.

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

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

۳- طبیعت فرآورده در بسته؟ (فسادپذیری، شکنندگی، مایع و جامد بودن)

۴- نحوه استفاده مجدد و یا مکرر از بسته؟

۵- تفاوت در اندازه‌های مورد نیاز؟

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

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

۸- چگونگی جلب توجه مصرف‌کننده؟ (رنگ، فرم هندسی، نام و لوگو، ابتکاری بودن)

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

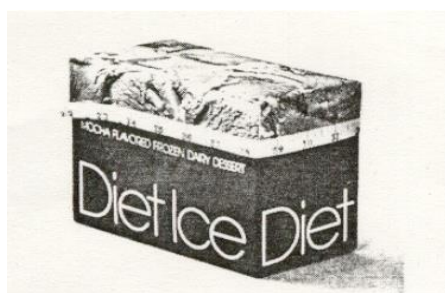
۱۰- میزان استقبال مصرف کنندگان؟ (ارزیابی مقدماتی و یا میدانی)

۱۱- شناخت کافی از رقبا؟

۱۲- نحوه حفاظت از بسته در برابر ناخنک زدن (tamperproofness)؟

در زمینه رنگ، تاثیر آن می‌تواند بسیار محسوس باشد و توجه به اثر رنگ‌ها می‌تواند بسیار مفید باشد. رنگ سفید خاموشی و سکوتی زنده را می‌رساند، احساسی از پاکی و خلوص را در انسان بر می‌انگیزد، 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 شادی بخش بوده حال آنکه قرمز تیره نوعی افسردگی را القا خواهد نمود. رنگ نارنجی حتی از رنگ قرمز نیز مؤثرتر است بگونه‌ای که می‌تواند تاثیر 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 توأم 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. روشهای بکارگیری رنگ نیز باید مورد توجه قرار گیرند. به عنوان مثال رنگ‌ها اگر به صورت نوارهای افقی باشند، بسته کوتاه تر و فشرده تر دیده می‌شود و

اگر عمودی باشند بسته را بلند تر جلوه می دهند. رنگ‌های روشن، بسته‌ها را بزرگتر نشان می دهند و یا حرکت رنگ از مرکز به کناره‌ها و روشن تر شدن تدریجی آنها باز می تواند بسته را بزرگتر جلوه دهد. در ارتباط با نکات گرافیکی، همان گونه که 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 کمر بند در سوس مایونز حاوی چربی، در القا نوعی مفهوم به خریدار بسیار موثر است (شکل ۱).



شکل ۱- فراورده های رژیمی همراه با نماد متر یا کمر بند

در مورد نام می توان به مواردی مانند ارزش نامهایی چون زمزم در فرهنگ اسلامی، عدد ۷ به عنوان عدد خوشبختی در کشورهای اروپایی، حرف L به نشانه پیروزی در میان فیلیپینی ها و ... اشاره نمود. **وجود وضوح** و به عبارت دیگر **عدم وجود پارازیت** در ارسال پیام نیز باید مورد توجه خاص قرار گیرد. در نهایت دلایل انجام بسته بندی را در یک نگاه کلی می توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- ۱- حفاظت مواد غذایی از آسیب های فیزیکی، میکروبی و آلودگی ها
- ۲- آسان نمودن حمل و نقل مواد غذایی
- ۳- امکان اعلام مشخصات و یا نوع فرآیند ماده غذایی (ترکیب، قیمت، تاریخ تولید و مصرف و ...)
- ۴- تبلیغ
- ۵- آسان نمودن انبارداری
- ۶- سهولت استفاده و انهدام و یا جمع آوری از بازار (recall)
- ۷- تقلیل ضایعات
- ۸- امکان استفاده در بحران های طبیعی و یا غیرطبیعی (سوانح، جنگ ها، قحطی و ...)
- ۹- امکان عرضه به گروه های مختلف با در نظر گرفتن اندازه بسته.

در پایان این بخش یادآور می گردد که در این مجموعه تنها به جنبه های فنی بسته های مصرفی در صنایع غذایی، در قالب چندین بخش شامل نحوه تولید و ساخت ظروف شیشه ای، ظروف فلزی، آلومینیومی و فولاد

قلع اندود، ظروف پلیمری، پوشش‌های کاغذی و مقوایی، بسته‌های چوبی اشاره شده و به تفصیل در باره ویژگیها و عوامل موثر بر یکایک آنها بحث خواهد شد. همچنین در مواردی به جنبه‌های خاص مانند شکل‌دهی به بسته به هنگام تولید ماده غذایی و یا فرآیندهایی که 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 چنانکه حافظ ۷۰۰ سال پیش به **قرابه** اشارت دارد (شکل ۱). شیشه اما اکنون ماده‌ای است که در صنعت و تکنولوژی کاربرد بسیار وسیعی دارد. مثال‌ها در این زمینه، جناب 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 زیر اشاره نمود:



شکل ۱- قرابه سنتی جهت نگهداری آب لیمو، آب غوره و سرکه

*در عهد پادشه جرم بخش خطا پوش
حافظ قرابه کش شد و مفتی پیاله نوش*

۱- شفافیت

از مهمترین مزایای ظرف و بسته شیشه‌ای، شفافیت آن است که مصرف کننده را قادر می‌سازد تا قبل از خرید فراورده، محتوی بسته و کیفیت آن را بررسی نماید. به این ترتیب لازم است که محتویات بسته‌های شیشه‌ای استانداردهای لازم حداقل از نظر ظاهر را دارا باشند.

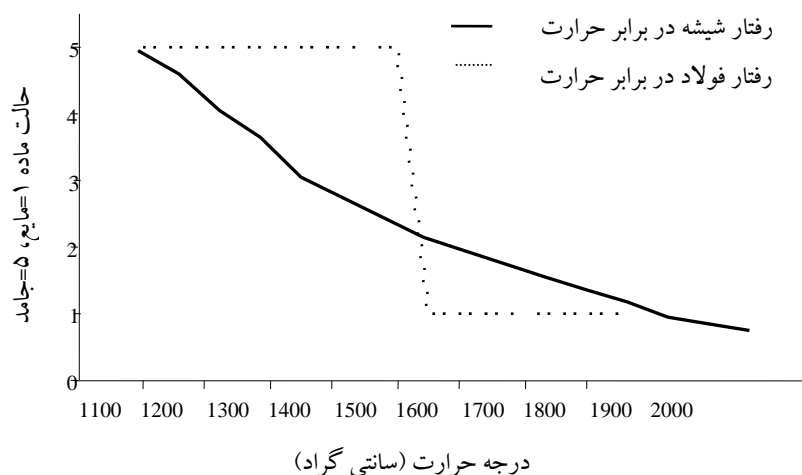
۲- استحکام

گرچه شیشه یک ماده شکننده است، اما هنگامی که استحکام آن به عنوان مثال از نقطه نظر بار عمودی (headload) 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 حالت بویژه 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.

۳- شکل پذیری

شیشه یک ماده ترموپلاستیک است که دارای نقطه ذوب مشخصی نمی‌باشد. شکل شماره ۲ بطور شماتیک تغییرات ویسکوزیته تحت تأثیر حرارت در مورد شیشه و فلز را نشان می‌دهد.



شکل ۲- رفتار شیشه و فولاد در مقابل درجه حرارت بالا

بر این اساس فلزات ابتدا مقاومت بالایی را به درجه حرارت نشان داده و سپس به سرعت 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 شکل دهی آن توسط ابزار مناسب براحتی امکان‌پذیر بوده، بگونه‌ای که می‌توان بسته‌هایی را که از نظر شکل نیز تداعی کننده فرآورده هستند (عسل در بسته‌های شیشه خرس یا کندو) تولید نمود. ظروف شیشه‌ای، ظروفی میان تهی بوده و بسیار شبیه به ظروف فلزی دو قسمتی می‌باشند و از اینرو فاقد هرگونه درز جانبی در انتها هستند. با توجه به اینکه ایجاد شیار بر روی سطح خارجی شیشه در قسمت‌های فوقانی مورد نیاز جهت در بندی، (finish) بسادگی میسر است، بنابراین از این نظر نیز شیشه دارای مزیت نسبی می‌باشد.

۴- ترکیب شیمیایی و واکنش ناپذیری

ترکیب مواد اولیه مصرفی جهت تولید ظرف شیشه‌ای 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 آن هم در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی کاربرد ندارد. بدلیل ثبات شیمیایی آنها را می‌توان بدون آنکه دچار هر نوع تخریب سطحی شوند، در یک دوره طولانی استفاده نمود

۵- مقاومت حرارتی

ظروف شیشه‌ای پس از ساخت، در درجه حرارت نزدیک به ذوب حرارت داده شده ($540-570^{\circ}\text{C}$) تا فرآیند استرس زدایی در آنها انجام شود، به این ترتیب این ظروف براحتی درجه حرارت پاستوری شدن، سترون سازی و حتی شوک حرارتی (برنامه‌های گرم و سرد کردن) را تحمل می‌نمایند. در این زمینه مقاومت آن را براحتی می‌توان با افزودن موادی مانند اکسید بور (boric oxide) به ترکیب اولیه شیشه و در ظروف مشهور به بوروسیلیکات (با نام تجاری Pyrex)، بشکل محسوسی افزایش داد.

۶- نفوذناپذیری

شیشه به گازها و بخار آب نفوذناپذیر است. نشت گاز CO_2 در نوشابه‌های گازدار در عمل صفر می‌باشد.

۷- رنگ

هرچند اکثر ظروف شیشه‌ای بصورت بی رنگ و شفاف ساخته می‌شوند، اما بدلائیل مختلف می‌توان رنگ شیشه را به سبز، کهربایی، شیری رنگ، قهوه‌ای و ... تغییر داد. با توجه به ضرورت استفاده از رنگ در مواردی مانند بسته شیر، بطریهای ماء‌الشعیر و نوشابه‌های بدون رنگ (up-types)، اهمیت افزودن رنگ بیشتر آشکار می‌گردد. جهت ایجاد رنگ در شیشه، از مقادیر جزئی مواد و ترکیبات شیمیایی همچون اکسید کروم (رنگ سبز)، آهن و گوگرد (رنگ زرد کهربایی) کربن (رنگ تیره) و اکسید کبالت (رنگ آبی) استفاده می‌شود. اکسیدهای منگنز، باریم، کلسیم، منیزیم و روی باعث مقاوم شدن شیشه به شرایط جوی و شفاف تر شدن آن میشود. با افزودن اکسیدهای سرب و نقره بلور مرغوب و درخشان بدست می‌آید. اکسید سزیم مانع از جذب نور مادون قرمز توسط شیشه شده، اضافه کردن فلدسپار و فسفات مقاومت شیشه به مواد شیمیایی را بیشتر می‌نماید. در صورتی که هدف تولید بلور یا شیشه‌های بدون رنگ باشد رنگ‌رهایمانند نیترات سدیم، سلنیوم، نیکل و کبالت به خمیر شیشه اضافه می‌گردد.

۸- قابل برگشت بودن

در این زمینه هزینه‌های تولید طرف شیشه ای نقش مهمی را ایفا می‌نمایند، هرچند نیازمند وجود سامانه‌های 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.

۹- قابلیت استفاده مجدد

در بسیاری موارد حتی اگر ظروف قابل برگشت نباشند، می‌توان از آنها دوباره 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 می‌توان افزود که با توجه به ایمن بودن شیشه، استفاده از این ظروف در مایکروویو به منظور گرم کردن مجدد رایج می‌باشد.

- ساخت ظروف شیشه‌ای و نکات مهم مربوط به آن

۱- 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 ۹۹ 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 ظروف شیشه‌ای 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 دوباره 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 دی‌اکسید کربن می‌نمایند که در حین حرارت دادن خارج می‌گردد و همراه خود حباب‌های هوا را خارج می‌نماید. آلومینا (Al_2O_3) نیز هرچند نه به مقدار کم در ترکیب وجود دارد و اثر 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 خارج شوند. از جمله این مواد می‌توان به ترکیبات سولفات یا سولفیدی

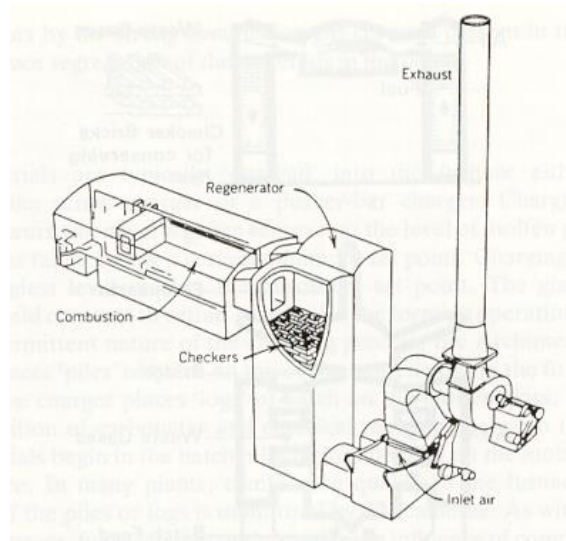
اشاره نمود. در مورد رنگ نکته حائز اهمیت زمانبر بودن تغییر رنگ از نوعی به نوع دیگر است و تا ۳۶ ساعت بطول می‌انجامد. با توجه به اینکه کوره اصلی، حاوی شیشه مذاب بیرنگ است، نمی‌توان ضایعات شیشه رنگی را به کوره افزود. امروزه برای غلبه بر این مشکل بجای افزودن شیشه رنگی به کوره، رنگ مورد نظر را در پیشانی کوره (forehearth) که کوره را به دستگاه تولید ظروف شیشه‌ای متصل می‌کند، اضافه می‌نمایند.

انتقال مواد خام به درون کوره به دو روش استفاده از ماریچ ارشمیدسی و یا تیغه‌های عمودی متحرک (مانند تیغه جلویی یک بولدوزر) انجام می‌گیرد. در حالت اول مواد بصورت تپه‌ای (pile) وارد کوره می‌شود، حال آنکه ورود مواد توسط تیغه، بصورت الواری (log) خواهد بود. 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.

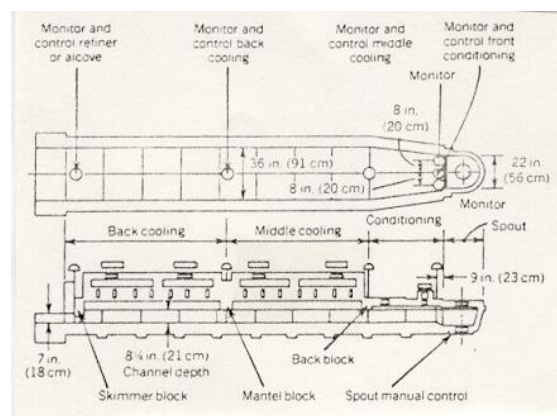
۲- کوره و تجهیزات وابسته به آن

کوره مستطیل شکل و تا ظرفیت ۴۰۰ تن ساخته می‌شود و از یک طرف مواد اولیه وارد و از انتهای دیگر آنها شیشه مذاب خارج خواهد شد. درجه حرارت کوره تا ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، هرچند که در صورت استفاده از شیشه‌های بازیافتی (recycled) و یا خرده شیشه (cullet) می‌توان درجه حرارت را بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد کاهش داد. دیواره کوره از قطعات (آجرهای) 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 گلوستر (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 شترگلو از قسمت اول (پیش کوره) به قسمت دوم یا محفظه کار (working chamber) وارد می‌شود. هدف عمده از تعبیه بخش دوم در کوره ۱- تهیه شیشه مذاب با خلوص بالا و ۲- 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 ۳) شیشه مذاب به پیشانی کوره (forehearth) وارد می‌شود که خود از دو قسمت خنک کننده پشتی و میانی و یک بخش مشروط کردن (conditioning) تشکیل شده است (شکل ۴). در قسمت خنک کننده پشتی، کف گیری 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 تا حدودی کاهش یافته تا وارد بخش دیگری بنام سیستم توزیع (feeding distribution system) گردد که شامل یک تا چهار بخش حلقوی شکل از جنس سرامیک است. 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 ۵).

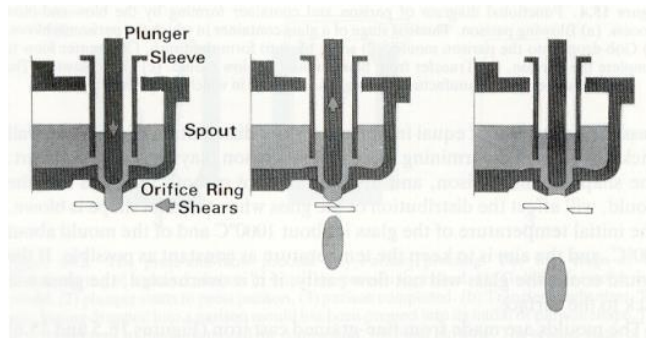


شکل ۳- ساختمان کوره ذوب شیشه

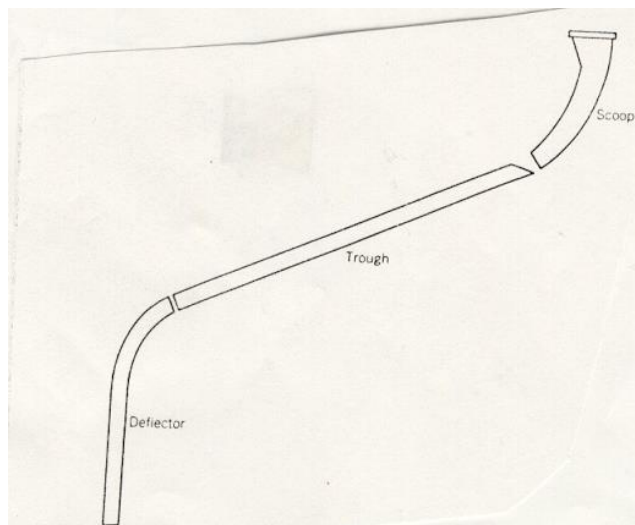


شکل ۴- نمای کناری و از بالای دستگاه پیشانی کوره

لقمه‌ها (که برحسب اندازه ظرف مورد نظر، 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 مجرای هادی لقمه (deflector) (شکل ۶) به ماشین‌های شکل دهنده (Individual-section glass forming machine یا IS machine) متصل می‌شود.



شکل ۵- نحوه تولید لقمه شیشه و برش آن توسط قیچی

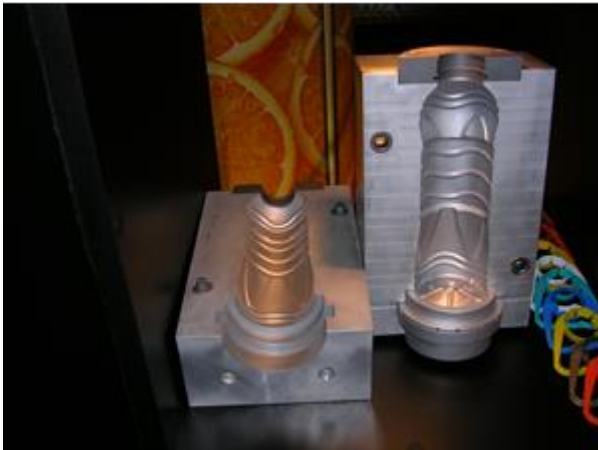


شکل ۶- ناودان مخصوص حمل لقمه به قالب

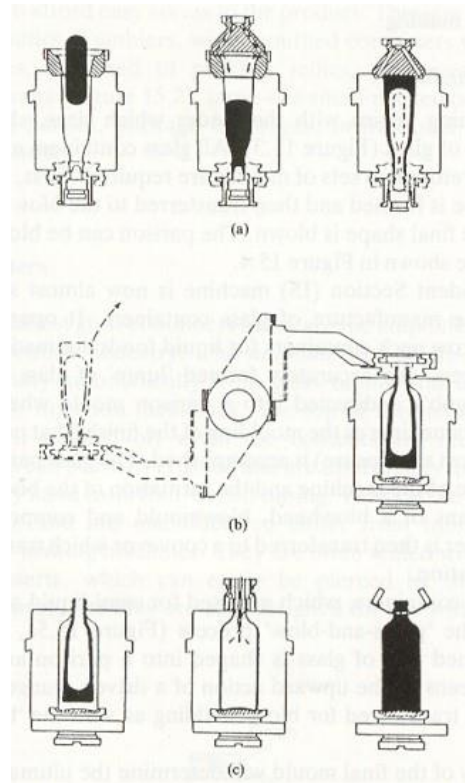
۳- شکل دهی

بخش شکل دهی بگونه‌ای طراحی شده است که بتواند لقمه‌های استوانه و خمیری شکل را به ظروف میان تهی تبدیل نماید. این فرآیند جهت شکل دهی از دو نوع سیستم که هر کدام از دو مرحله تشکیل شده است، استفاده می‌نماید. در مرحله اول تبدیل لقمه به یک ظرف اولیه به نام **parison** است. در مرحله بعد این ظرف

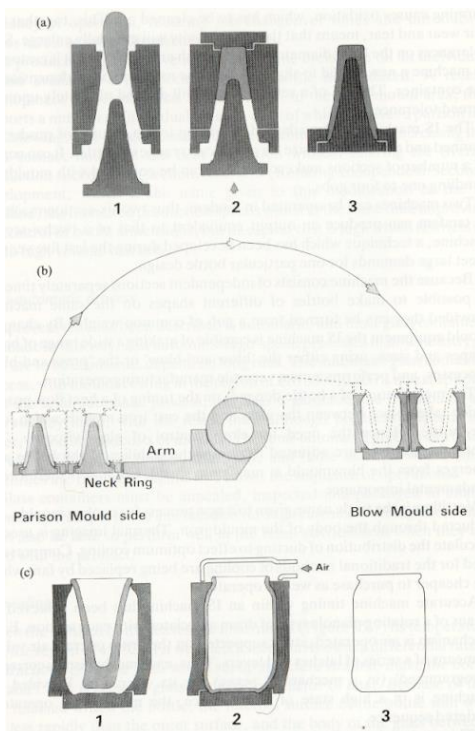
اولیه تبدیل به شکل نهایی خواهد شد. دو روش جهت تولید ظروف شیشه‌ای بکار می‌روند. روش دمیدن و دمیدن (**blowing and blowing**) است که از آن جهت تولید ظروف دهانه تنگ استفاده می‌شود و دیگر روش پرس کردن و دمیدن (**pressing and blowing**) می‌باشد که از آن برای تولید ظروف دهانه گشاد (**jars**) بهره گرفته می‌شود. 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 ظرف دارد، در می‌آیند و سپس در مرحله بعد با استفاده از دمیدن به شکل نهایی تبدیل خواهد شد. در روش اول پس از آنکه قالب (شامل دو نیمه مجزا از هم) بسته شد لقمه از بالا وارد آن می‌گردد. در این مرحله قالب به صورت واژگون قرار دارد، بگونه‌ایی که قسمت فوقانی یا سر ظرف در پایین قرار گرفته است. پس از آنکه لقمه بطور کامل در انتهای قالب قرار گرفت، ضمن آنکه **finish** در حال شکل گیری است، بخش بالایی قالب بسته می‌شود. سپس هوا به درون لقمه دمیده شده تا شکل اولیه (**parison**) بدست آید. آنگاه قالب همراه با **parison** به صورت «**سوپا**» در آمده و دوباره در آن دمیده می‌شود تا شکل نهایی بدست آید. (شکل ۷) در انتها قالب باز شده ظرف خارج خواهد شد (شکل ۸). در روش دوم، در مرحله اول، کار تبدیل لقمه به یک جسم میان تهی اولیه را یک سمبه بعهده دارد. ظرف اولیه و میان تهی پس از آنکه بصورت «**سوپا**» قرار گرفت توسط جریان هوا به شکل نهایی که یک ظرف دهانه گشاد است، در خواهد آمد (شکل ۹). نکته مهم در هر دو مورد، تنظیم درجه حرارت است بگونه‌ایی که درجه حرارت لقمه هنگام ورود حدود ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد و قالب‌ها حدود ۵۰۰°C باشد. درجه حرارت 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 شکل‌گیری تقارن خود را از دست بدهد. قالب‌ها از استیل ضد رنگ ساخته می‌شود و سطح آنها صیقلی و صاف است ولی بهر حال، به مرور زمان دچار فرسایش شده و باید تعویض گردند. این امر بویژه 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 (Independent machine)** 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 آنها نیازمند لقمه‌ایی با یک وزن مشخص باشند.



شکل ۸- قالب بطری باز شده



شکل ۷- شمای روش دمیدن و دمیدن جهت تولید بطری

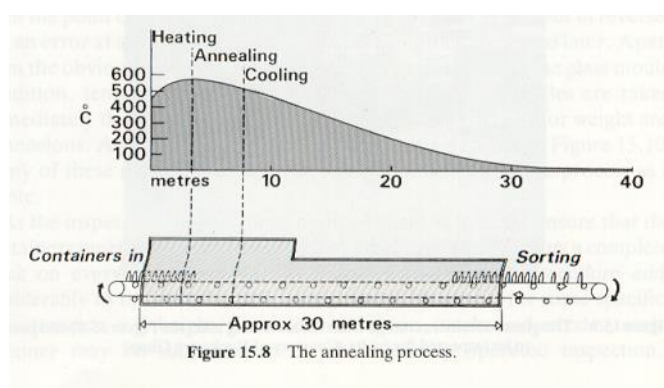


شکل ۹- شمای روش پرس کردن و دمیدن جهت تولید جار (ظروف دهانه گشاد)

۴- استرس زدایی (annealing)

هنگامی که بطری یا ظرف شیشه‌ای از قالب خارج شد، درجه حرارت آن حدود 450°C است. اگر به آن اجازه داده شود که بخودی خود سرد گردد، بدلیل تفاوت سرعت انقباض در بخش‌های مختلف شیشه، بوجود

نوعی استرس در آن پدیدار خواهد شد بطوری که از ثبات کافی برخوردار نیست. این امر از آنرو اتفاق می افتد که شیشه هادی حرارت خوبی نیست. با توجه به اینکه گرما در شیشه باقی می ماند، سطح داخلی ظرف با سرعت کمتری نسبت به سطح خارجی خنک خواهد شد. به این ترتیب لازم است به نوعی سرعت خنک کردن و انقباض ناشی از آن در شیشه تا سرحد امکان به شکل یکنواختی صورت پذیرد. برای انجام این امر، ظروف ساخته شده به ماشین دیگری به نام **ماشین استرس زدایی لِر (Lehr)**، که نوعی تونل طویل است منتقل می شوند. در این تونل درجه حرارت به حدود 600°C می رسد و سپس به تدریج عمل خنک کردن انجام می شود (شکل ۱۰). طول تونل حدود ۴۰ متر است و درجه حرارت در انتهای آن حدود ۳۵-۳۰ درجه سانتی گراد است.



شکل ۱۰- پروفیل طول و درجه حرارت در دستگاه استرس زدایی لر

۵- آزمون‌ها

ظرف شیشه‌ای ساخته شده از چند نقطه نظر باید مورد بررسی قرار گیرد. ارتفاع، قطر بدنه (و یا ابعادی که در ظروف غیر استوانه‌ای مطرح هستند) و بالاخره finish از آن جمله‌اند. در صنعت که این ظروف را جهت بسته‌بندی فراورده‌های خود با استفاده از دستگاه‌های پرکن و دربند، بکار می‌برند، تغییرات شدید در هر یک از ابعاد گفته شده، می‌تواند مشکلات فراوانی را بوجود آورد. حفره درون **قالب‌ها** بصورت متقارن و یکدست دچار فرسایش نمی‌شود. این تفاوت در فرسایش سطح قالب که از آن تحت عنوان «بیضی شکل شدن» (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 بویژه 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 گنجایش ظروف هم از جنبه‌های قانونی

دارای اهمیت است و باید 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.

۶- استرس‌ها

ظروف شیشه‌ای ساخته شده به کارخانه‌های بسته‌بندی مواد غذایی منتقل می‌شوند تا از آنها جهت بسته‌بندی استفاده شود. در کارخانه نیز ظروف با یک سری استرس روبرو می‌باشند که عبارتند از:

الف: فشار داخلی (مثبت یا منفی)

در فرآورده‌هایی که تحت فشار یا تحت خلا بسته‌بندی آنها در ظروف شیشه‌ای انجام می‌گیرد، دیده می‌شود. در یک بطری فشار داخلی 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.

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

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

ب: استرس‌های ناشی از بار عمودی

بدلیل روی هم چیدن ظروف و یا به هنگام دربندی (طشتک زنی) ایجاد می‌شود. این نیروها بیشتر به نواحی شانه و پاشنه ظروف وارد می‌شود. 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 می‌توان تفاوت قطر بدنه و قطر سطح اتکا ظرف (bearing surfac) را نیز کم نمود.

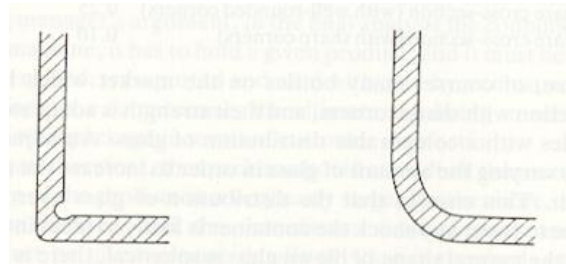
ج: استرس‌های تماسی و ضربه‌ای

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

د: استرس ناشی از شوک‌های حرارتی

این استرس به هنگام بروز تغییرات سریع حرارتی حین پاستوریزه کردن و یا پرکردن فرآورده به صورت گرماگرم (hot filling) دیده می‌شود. این نوع استرس‌ها را می‌توان با محدود نمودن تفاوت درجه حرارت در

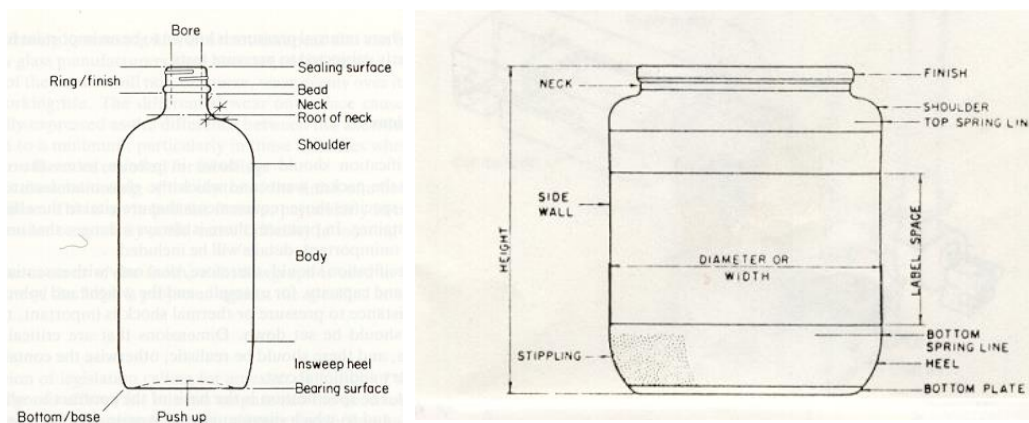
قسمتهای سرد و گرم، کاهش ضخامت شیشه و اجتناب از ایجاد زوایای تند در ساختار شیشه بویژه در قسمت پاشنه (thin spot) از بین برد و یا کاهش داد. (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- تاثیر شکل زوایا بر استحکام ظروف شیشه ای

۷- واژه شناسی ظروف شیشه‌ای

ظروف ساخته شده از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده‌اند که آشنایی با آنها می‌تواند جهت طراحی این دسته از ظروف و مقابله با استرس‌ها، مفید واقع شود. شکل ۱۲، این قسمت‌ها را در بطری و جار نشان می‌دهد.



شکل ۱۲- بخش‌های مختلف یک ظرف شیشه ای

۸- تیمارهای سطحی

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

الف: تیمار گرم

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

ب: تیمار سرد

در این حالت، امولسیون‌های از انواع مومها و یا روغن‌ها بصورت سرد بر روی شیشه پاشیده می‌شود. این عمل را می‌توان در قسمت انتهای ماشین لر که هنوز ظروف داغ هستند، انجام داد.

ج: پوشش با ترکیبات پلی‌مری

ابتدا PVC و بعد پلی‌اتیلن بویژه در مورد شیشه‌های نوشابه‌گازدار بکار گرفته شد، اما اکنون توجه به استفاده از رزین‌های یونومری معطوف شده است. علاوه بر این موارد استفاده از پوشش آستین مانند («sleeves») که گرداگرد بسته شیشه‌ای قرار می‌گیرد، نیز معمول می‌باشد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- دو نوع sleeve مناسب برای ظروف شیشه‌ای

۹- 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 ۷۰۰ تا ۱۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است و بنابراین انتخاب وسایل در بندی در محدوده فوق، همگام با کاهش ضخامت توصیه می‌گردد.

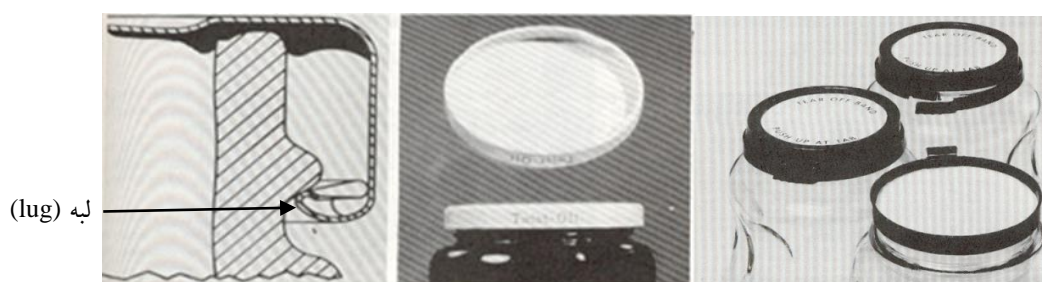
۱۰- در ظروف شیشه‌ای

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 در که محکم بر روی شیشه قرار گیرد ضروری است. درها بطور کلی از جنس فولاد

قلع اندود یا آلومینیوم ساخته شده که در قسمت داخلی دارای پوششی که نوعی ترکیب پلیمری است، می باشد. برای آنکه در بندی به شکل محکمی انجام شود از روشهایی مانند فشار دادن، پیچیدن، چرخاندن و مانند آنها استفاده می گردد. درها (درب اشتباه است) ممکن است به صورت تاجی شکل، لبه دار و چرخشی دیده شوند.

الف: در ظروف دهانه گشاد:

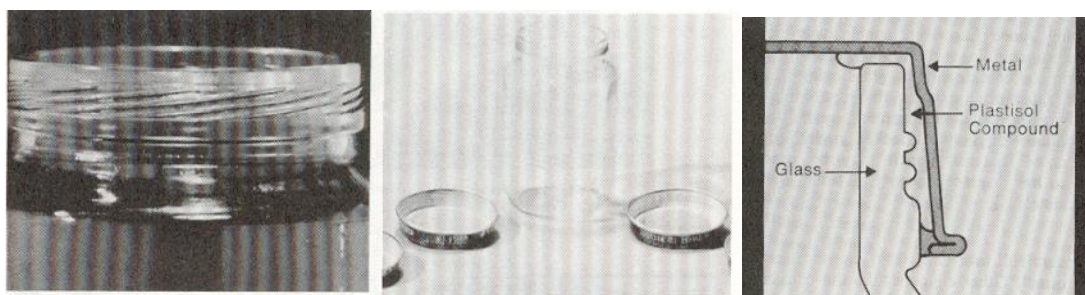
دو نوع در guard-seal و tamper-seal از انواعی هستند که به شکل گسترده ایی از آنها در مواردی که محصول تحت خلا عرضه می شود، استفاده می شود. در این نوع در بندی نوعی قسمت یقه مانند در، لبه های در و بخشی از شانه ظرف را می پوشاند. (شکل ۱۴).



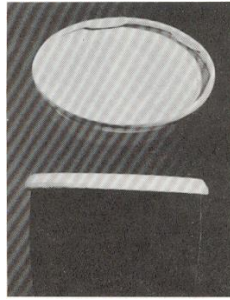
شکل ۱۵- در از نوع twist off

شکل ۱۴- درهای نوع guard-seal

از درهای لبه دار (lug cap) برای بسته بندی میوه ها و سبزیها، ترشی ها، مرباها، ژله ها، آب میوه ها استفاده می شود. به این نوع درها press-on twist off گفته می شود. شکل های ۱۵ و ۱۶ این نوع درها را نشان می دهند که با فشار، لبه در بر روی finish ظرف شیشه ایی در گیر می شود. در مخصوص ظروف لیوانی شکل که از تعداد بیشتری لبه (lug) برخوردار است، نیز از همین دسته محسوب می شود (شکل ۱۷).



شکل ۱۶- در از نوع press-on twist off



شکل ۱۷- در ویژه ظروف لیوانی

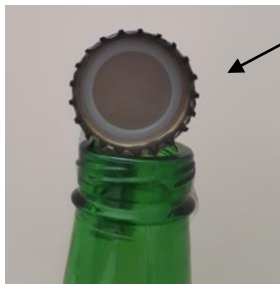
ب: در ظروف دهانه تنگ

این درها به دو دسته قابل و غیرقابل بسته شدن مجدد تقسیم می گردند. در حالت دوم در **crowن** به معنی **تاج** نامیده شده و بیشتر از جنس فولاد قلع اندود بوده و دارای **دامنه کنگره دار** (fluted-skirt) است که بعد از قرار گرفتن بر روی دهانه بطری، به دور **finish** جمع (crimp) می شود (شکل ۱۸ الف).



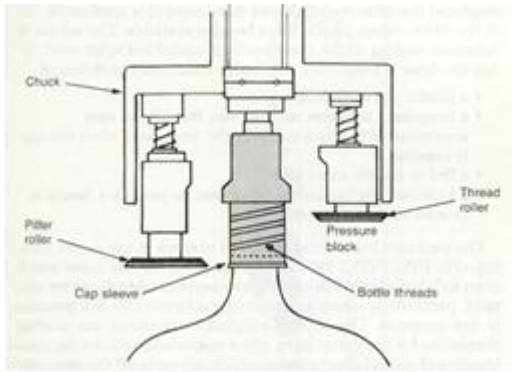
شکل ۱۸ الف- تصویر کراون قبل از در بندی

امروزه نوعی از آن به نام **easy-open twist-off crown** به بازار عرضه شده که بر روی بطری، شیار (thread) دیده می شود بگونه ای که به آنها امکان باز و بسته شدن مجدد میدهد (شکل ۱۸ ب).

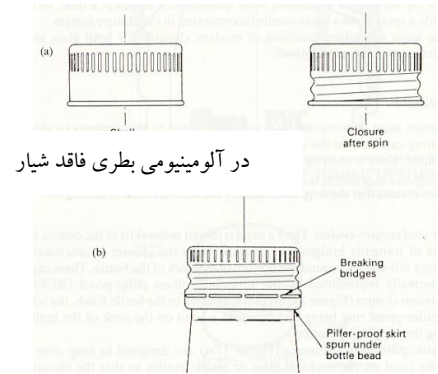


شکل ۱۸ ب- **finish** قابل پیچش با **crowن** عادی

برخی درهای بطری که قابل بسته شدن مجدد هستند از جنس آلومینیوم بوده و به صورت roll-on بسته می شوند. مهم ترین انواع آنها با قطر ۲۶ و ۲۸ میلی متر است ولی انواعی با قطر ۴۰ میلی متر نیز ساخته می شود. این نوع درها در ابتدا 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 می شود (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- ایجاد شیار روی شیشه بر روی در بدنبال فشار در بند



در آلومینیومی بطری فاقد شیار

نوار پایین در بطری

این نوع درها دارای نواری نازک در بخش پایین خود هستند که با پل‌هایی به آنها متصل بوده و نقش ضد ناخنک زدن (tamperproof or pilfer-proof) را برعهده دارند. تمامی درهای ظروف دهانه تنگ نیز از داخل با لایه‌ای از مواد پلی‌مری پوشیده شده‌اند. به این لایه‌ها آستری (liner) گفته می‌شود. آخرین نکته درباره "در" ظروف اینکه این وسیله بخشی از بسته است و باید از تمام جهات با آن هماهنگ باشد و تحت هیچ شرایطی با محتویات واکنش ندهد. در سالهای اخیر درهای پلیمری بدون لاینر تولید شده که بجای آن از یک لبه داخلی

استفاده شده است که قطر لبه دقیقاً با قطر داخلی بطری یکسان میباشد.



لبه داخلی تعبیه شده برای درهای پلیمری

شکل ۲۰- درهای پلیمری بدون لاینر، دارای لبه داخلی

پ: در آسان باز شو:

در این گونه درها «صفحه مدور» فوقانی در از لبه آن جدا بوده، به هنگام ایجاد خلا، این صفحه بطور کامل به لبه مدور شیشه چسبیده و خلا تشکیل شده در درون ظرف آن را به طرف خود کشیده، محکم نگه میدارد، حال آنکه لبه در، تنها به دلیل پیچش بر روی شیار (thread) قسمت finish به بدنه متصل شده است. بنابراین می‌توان به راحتی لبه در ظرف را با یک پیچش ساده جدا نموده و با کمی فشار به طرف بالا، «صفحه مدور» تحت خلا نیز جدا خواهد شد (شکل ۲۱).

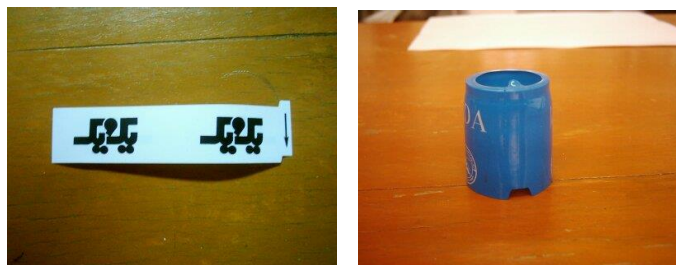
لبه که فقط به شیار متصل است



صفحه مدور بالایی چسبیده به لبه بالای ظرف تحت تاثیر خلا

شکل ۲۱- ظرف شیشه ایی با در آسان باز شو

از جمله موارد رایج در بسته های شیشه ایی آن است که پس از دربندی، جهت جلوگیری از ناخنک زدن به بسته، از طوقهای پلیمری که پس از حرارت دیدن جمع شده و ظرف را از ناحیه گردن و شانه به در متصل می نمایند، استفاده میشود. در شکل ۲۲ دو نمونه از این طوقهای مورد استفاده در بطری و جار دیده میشوند.



شکل ۲۲- طوق ضد ناخنک زدن مناسب برای بطری (سمت راست) و جار (سمت چپ)

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 لوله‌شدن 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)، تورکوئیز (turquoise)، اسپانیل (spinel)، کائولین (kaolin)، فلدسپار (feldspar) و میکا (mica) دیده می‌شود. بوکسیت (bauxite) اقتصادی‌ترین منبع جهت تولید این عنصر می‌باشد. بوکسیت حاوی تا ۶۰ درصد آلومینا که نوع هیدراته (آب‌دار) اکسید آلومینیوم می‌باشد، است. از هر ۴ کیلوگرم بوکسیت حدود ۱ کیلوگرم آلومینیوم بدست خواهد آمد.

۱- 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 فلئوئور 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 ۱۵۰۰۰-۵۰۰۰۰ 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.

۲- ورقه‌های آلومینیومی

آلومینیوم تهیه شده و مذاب با خلوص ۹۹/۵-۹۹/۲ درصد وارد قالب شده (ریخته‌گری) بصورت تختال (slab) با طول حدود ۶ متر و ضخامت حدود ۷ میلی‌متر در می‌آید. این تختال پس از ورود به غلطک‌های گرم تبدیل به نواری با ضخامت ۰/۶ 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 ۰/۰۳۷ میلی‌متر برسد و در نهایت پس از آنکه توسط غلطک‌ها ضخامت آن به ۰/۰۰۷-۰/۰۰۲ میلی‌متر رسید، دوباره استرس‌زدایی می‌گردد. از ورقه‌های نازک جهت تولید بسته‌های قابل انعطاف استفاده می‌شود. ورقه‌های ضخیم‌تر (۰/۱ تا ۰/۲ میلی‌متر) جهت تولید قوطی بکار گرفته می‌شود. از آنجا که استفاده از غلطک‌های سرد جهت کاهش ضخامت همراه با ایجاد استرس در ورق است، باعث می‌گردد تا آلومینیوم شکننده گردد که به آن hard-temper (h-temper) گفته شده و در مواردی که انعطاف پذیری مورد نیاز است، مناسب نیست اما جهت بسته‌های موسوم به بلیستر (blister) مانند درآژه‌ها (صفحات قرص و کپسول)، قابل استفاده است. در این حالت با فشار آوردن به درآژه، ورقه آلومینیومی به راحتی پاره خواهد شد. ورقه‌های آلومینیومی بسیار نازک از خلوص بالایی برخوردار هستند و میزان منیزیم و منگنز در آنها ناچیز است. از این نوع آلومینیوم تحت عنوان سری ۱۰۰۰، انواع ۱۰۵۰، ۱۱۰۰ و ۱۲۳۵ را می‌توان نام برد که همگی جهت تولید انواع ورقه‌های نازک و یا لوله‌های قابل انعطاف (flexible tube) بکار می‌روند. ورقه‌هایی که دارای ۱-۱/۵ درصد منگنز (سری ۳۰۰۳) و همین مقدار منگنز همراه با ۱/۳-۱/۸ منیزیم باشند (سری ۳۰۰۴) برای ساخت قوطی‌های بدون درز استفاده می‌گردد. از آلیاژهای سخت‌تر آلومینیوم که دارای درصد‌های بالاتری از این دو عنصر باشند، به عنوان مثال سری ۵۱۸۲ دارای ۴ تا ۵ درصد منیزیم، برای ساخت انتهای فوقانی قوطی استفاده می‌شود. جدول ۱ تعدادی از این آلیاژها و عناصر موجود در آنها و کاربرد هر یک را نشان می‌دهد.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی چند نوع آلیاژ پر مصرف آلومینیوم جهت بسته‌بندی مواد غذایی

نوع آلیاژ	کاربرد(ها)	سیلیس	آهن	مس	منگنز	منیزیم	کروم	روی	تیتانیوم
۱۰۵۰	ورقه‌ها و لوله‌ها	۰/۲۵	۰/۴	۰/۰۵	۰/۰۵	-	-	۰/۰۳	۰/۰۳
۱۱۰۰	ورقه‌ها و لوله‌ها	۰/۴	۰/۶	۰/۰۵	۰/۰۵	-	-	۰/۱	-
۳۰۰۳	دیواره قوطی‌ها		۰/۷	۰/۰۵	۱/۵	-	-	۰/۱۰	-
۳۰۰۴	در بطری‌ها	۰/۳	۰/۷	۰/۲۵	۱/۵	۱/۳	-	۰/۲۵	-
۵۰۸۲	در قوطی‌ها	۰/۲	۰/۳۵	۰/۱۵	۰/۵	۵	۰/۱	۰/۲۵	۰/۱

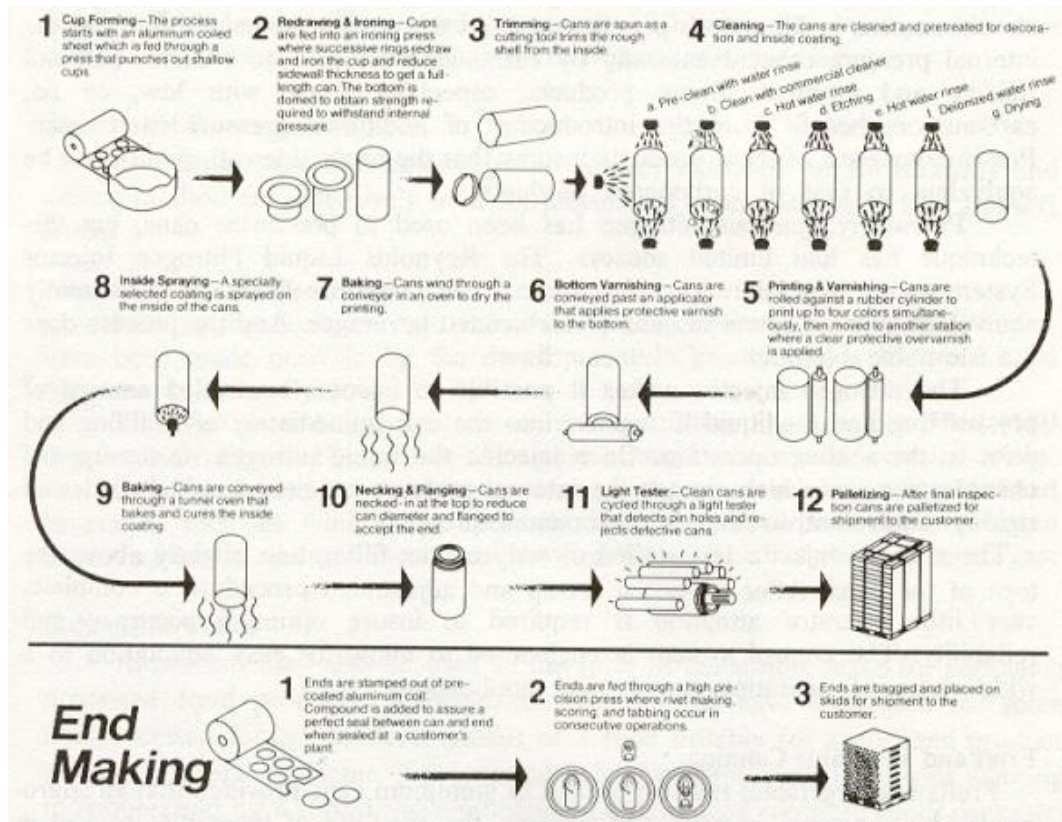
۳- خواص ورقه‌های آلومینیومی

- الف: قابلیت تشکیل ورقه‌های بسیار نازک که بدلیل قابلیت چکش خواری خوب آلومینیوم بدست می آید.
- ب: غیر قابل نفوذ به بخار آب بگونه‌ای که در ضخامت $8/9$ میکرومتر کمتر از $0/3$ گرم بخار آب به ازای هر مترمربع در ۲۴ ساعت و در درجه حرارت ۳۸ 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 ۹ میکرومتر رسیده و لایه‌ای از مواد پلیمری بر روی آن قرار می‌گیرد بخار آب از آن عبور نخواهد کرد. آلومینیوم نفوذناپذیری خوبی نیز به گازها دارد.
- پ: مقاوم به خوردگی، اکسید آلومینیوم که بطور طبیعی بر روی ورقه تشکیل می‌شود به شکل قابل توجهی نسبت به خوردگی آن را مقاوم می‌نماید.
- ت: سازگار با مواد غذایی و دارویی و آرایشی بطوری که هیچگونه مسمومیت را بوجود نمی‌آورد. علائمی از ارتباط این عنصر با آلزایمر آشکار شده است.
- ث: شکل پذیری آن بسیار خوب بوده و بسیار عالی "تا" می‌خورد (dead folding).
- ج: عدم جذب در محیط آبی هر چند مطالعات اخیر نشان از آن دارد که مقادیر کمی از آن جذب بدن می‌گردد.
- چ: مقاوم به چربی به شکلی که چربی جذب ورقه نمی‌گردد.
- ح: بهداشتی بودن زیرا با حرارت، براحتی قابل سترون (استریل) شدن است.
- خ: فاقد هر نوع طعم و مزه است. این مزیت در قوطی‌های فولادی وجود ندارد.
- د: عدم عبور نور که در موارد متعددی از همین خاصیت استفاده می‌شود.
- ذ: قابلیت بهم چسبیدن بواسطه خاصیت تاخوردگی خوب آن و نیز بدلیل ذوب مواد پلیمری بر روی آن.
- ر: فقدان خاصیت مغناطیسی و ایجاد نوعی حفاظت در مقابل جریانهای مغناطیسی.
- ز: آتش گیر نبودن که از آن برای جلوگیری از آتش گرفتن‌های خودبخود مواد پلیمری استفاده می‌شود، بدین ترتیب که در میان لایه‌های پلیمری قرار گرفته تا از جمع شدن الکتریسیته ساکن در آنها جلوگیری نماید.
- ژ: وزن محصول ساخته شده از آن در مقایسه با قوطی فولادی بسیار کمتر است، حمل و نقل آن راحت تر است.

۴- 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 ۶۰ میلادی آغاز شد. این قوطی‌ها صرف نظر از آنکه نشت در آنها بواسطه عدم وجود درز جانبی کمتر اتفاق می‌افتد، براحتی قابل بازیافت بوده و عامل بزرگی در صرفه‌جویی و حفظ محیط زیست بشمار می‌آید. اولین قوطی‌های آلومینیومی از ورق با آلیاژ ۳۰۰۴ ساخته شدند و دارای ضخامت (gauge) برابر ۰/۴۹۵ میلی‌متر (۴۹۵ میکرومتر) بوده، وزن هر هزار عدد از این قوطی‌ها بالغ بر ۱۹ کیلوگرم می‌شد. ساخت قوطی به روش drawn and Ironed انجام می‌گیرد. در این زمینه ابتدا دیسک (صفحات مدور) 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. فنجان بدست آمده سپس با فشار یک سمبه از میان یک سری از قالب‌ها عبور داده می‌شود. بدین ترتیب بدنه ظرف کشیده شده و از ضخامت آن کاسته خواهد شد. پس از آنکه بدنه قوطی ساخته شد، قسمت فوقانی آن صاف شده (trimmed) و بر روی آن قلاب ایجاد می‌شود. شکل ۱ تمامی مراحل ساخت قوطی به روش D&I را نشان می‌دهد که طی چند مرحله پخت لعاب‌های داخلی و یا رنگ پاشیده شده بر سطح قوطی انجام شده، قوطی از نظر وجود سوراخ‌های ریز کنترل می‌شود. اکنون بیشتر قوطی‌ها دارای **گردن** بطرف داخل (neck-in) هستند. **گردن گذاری** بر روی قوطی باعث می‌شود تا از قطر در کاسته گردد. در قوطی‌ها هم با استفاده از پرس بصورت صفحات دایره‌ای شکل در می‌آید. 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) می‌گردد (شکل ۲). 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 می‌کند و پس از باز شدن در کماکان بر روی قوطی باقی می‌مانند. 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 ۳). از دیگر نکاتی که در ساخت قوطی آلومینیومی باید مورد توجه قرار گیرد خراشیده شدن قوطی در حین فرآیند ساخت است

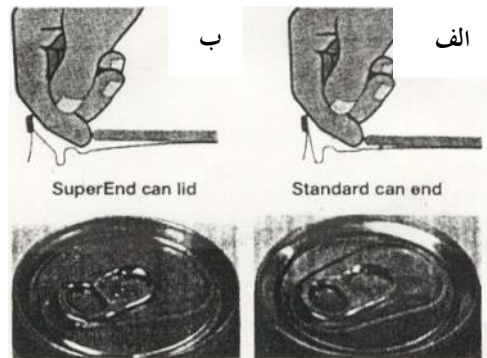
که نه تنها به قوطی آسیب می‌رساند بلکه باعث تجمع ذرات آلومینیوم بر روی دستگاهها نیز می‌شود. برای رفع این مشکل، استفاده از تجهیزات پوشانده شده با کروم و یا تفلون توصیه می‌شود.



شکل ۱- مراحل ساخت قوطی به روش D&I



شکل ۲- در قوطی نوشابه با گیره در رو و شیار کم عمق در پشت



شکل ۳- گیره استاندارد (الف) و گیره های جدید (ب)

با وجود 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 فرآورده‌هایی همچون آب میوه‌ها و نوشابه‌ها لازم است از لعاب‌هایی که سطح داخلی را می‌پوشانند نیز استفاده گردد که بیشتر از مواد آلی می‌باشند.

جدول ۲- لعاب‌های مورد استفاده جهت پوشش سطح داخلی قوطی آلومینیومی

فرآورده	لعاب بدنه قوطی	لعاب در قوطی
ماء الشعیر	اپوکسی وینیل	اپوکسی وینیل
نوشابه	اپوکسی وینیل	محلول وینیل
ساردین	اپوکسی فنولیک	اپوکسی فنولیک
پودینگ	فنولیک وینیل	فنولیک وینیل

۵- کاهش وزن قوطی

در گذشته وزن هر هزار قوطی به ۱۹ کیلوگرم می‌رسید که اکنون کمتر از ۱۱ 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 بگونه‌ای 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 ۴۱۹-۴۰۶ میکرومتر استفاده گردد، اما اکنون با بکارگیری طرح‌های جدید ساختار مانند ایجاد ساختار گنبدی شکل در انتها، ضخامت به ۳۲۰ میکرومتر رسیده و حتی

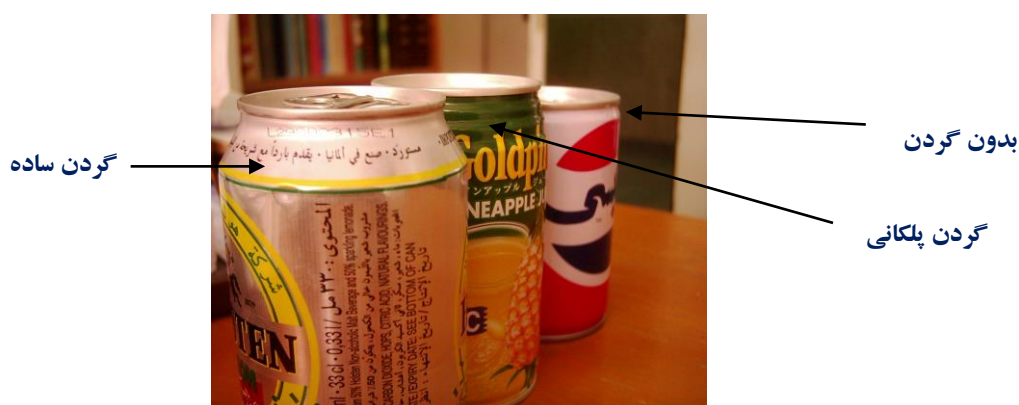
با ضخامت ۲۵۰ میکرومتر نیز اکنون ساخته میشود. در مورد در با افزایش مقدار عناصری چون منیزیم و منگنز، مقاومت آن را افزایش داده و در مقابل از ضخامت آن کاسته‌اند.

ب - کاهش ضخامت بدنه:

در مورد ضخامت بدنه نیز امروزه به جای ضخامت‌های ۱۳۵-۱۳۲ میکرومتر، اکنون قوطی‌ها با بدنه‌ای که ضخامت آن به کمتر از ۱۱۴ میکرومتر رسیده، تولید می‌شوند.

پ- کاهش قطر در:

از دیگر عوامل کاهش وزن، کم کردن از قطر در فوقانی از طریق گردن گذاری بر روی قوطی است. این گردن می‌تواند بصورت ساده (spin neck) و یا پلکانی دیده شود (شکل ۴)



شکل ۴- قوطی های آلومینیومی با گردن های ساده و پلکانی

امروزه تهیه قوطی‌هایی با ۴ گردن معمول می‌باشد ضمن آنکه در موارد خاص تهیه قوطی با ۱۴ گردن نیز گزارش شده است. جدول ۳ اثر روشهای فوق در کاهش قطر قوطی در قسمت فوقانی را نشان می‌دهد.

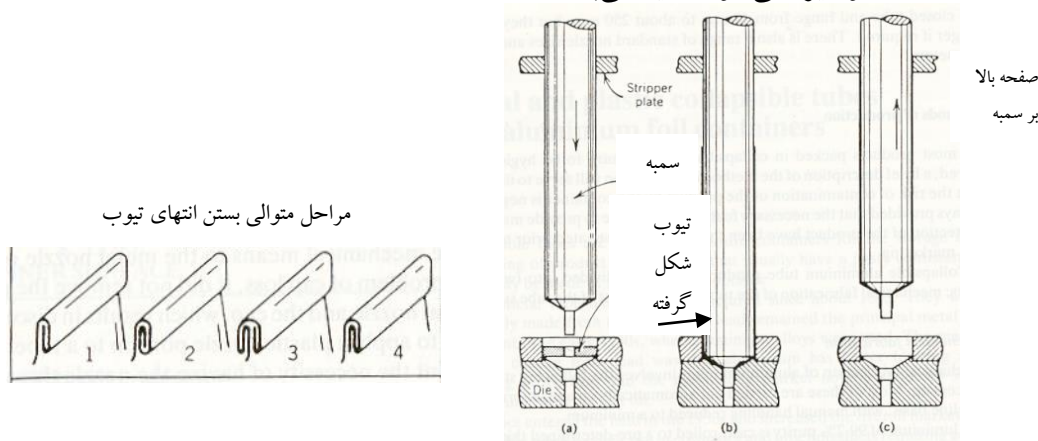
جدول ۳- اثر ایجاد گردن بر قطر قوطی آلومینیومی

نوع قوطی	قطر (سانتی متر)	ضخامت (اینچ)
اولیه	۶/۸۳	۲۱۱ (۲ ۱۱/۱۶)
۴ گردن	۶/۰۳	۲۰۶ (۲ ۶/۱۶)
ساده	۵/۷۱	۲۰۴ (۲ ۴/۱۶)
۱۴ گردن	۵/۴۰	۲۰۲ (۲ ۲/۱۶)

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 آن حفظ شود. در مورد قوطی‌های نوشابه گازدار این عمل با تزریق گاز کربنیک صورت می‌گیرد.

۶- لوله‌ها (تیوب‌های) آلومینیومی قابل انعطاف

از این نوع بسته‌ها، در ابتدا برای مصارفی غیر غذایی، مانند خمیردندان استفاده می‌شد، ولی اکنون برای بسته‌بندی مواد غذایی نیز کاربرد دارد. فراورده‌های بسته‌بندی شده به این روش نه تنها دارای عمر نگهداری خوبی هستند، بلکه استفاده از آنها بسیار راحت است، و بعنوان مثال می‌توان با قرار دادن یک قاشق پلاستیکی یکبار مصرف از آنها به شکل مناسبی استفاده کرد. تولید لوله‌های آلومینیومی بسیار شبیه به ساخت قوطی‌های دو قسمته است. برای ساخت لوله ورقه آلومینیومی خالص (بترتیبی که شکل دهی آن آسان باشد) توسط یک سُمبه و قالب تحت فشار قرار می‌گیرد تا شکل اولیه بدست آید و سپس با عمل کشیدن به طول نهایی خود خواهد رسید (شکل ۵). 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 فراورده و از انتها، این قسمت تاخورد و بصورت مانع در می‌آید تا یک حفاظ مناسب در مقابل آلودگیها باشد (شکل ۶). عمر نگهداری فراورده بعد از باز شدن، بستگی به زمان و نحوه نگهداری دارد. مزیت این نوع بسته‌ها در مقایسه با سایر ظروف آن است که حین استفاده از محتوی، حجم بسته نیز کاهش می‌یابد، و حجم هوای در تماس با ماده غذایی کم و بیش ثابت می‌ماند. این موضوع بویژه در فراورده‌هایی مانند سس گوجه‌فرنگی که در مجاورت هوا تیره می‌شود، مفید می‌باشد.



شکل ۶- نحوه انسداد بخش انتهایی تیوب

شکل ۵- نحوه شکل دهی ورق آلومینیومی به تیوب

۷- ظروف بسته‌های نیمه سخت و قابل انعطاف

از آلومینیوم برای ساخت این ظروف نیز استفاده می‌گردد. کیسه‌های چند لایه (laminated pouches) و ظروف پرسی (شکل ۷) از جمله این بسته‌ها می‌باشند.



شکل ۸- چند نوع ظرف پرسی آلومینیومی



شکل ۷- بسته چند لایه کیسه مانند

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 (اتوکلاو) 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.

۸- واکنش مواد غذایی با لایه‌های آلومینیومی

از آنجا که مواد غذایی با ترکیبات شیمیایی و حالات فیزیکی متفاوت در پوشش‌های آلومینیومی بسته‌بندی می‌شوند، بررسی امکان بروز واکنش بین مواد غذایی و پوشش و میزان این اثرگذاری بسیار مهم می‌باشد با طبقه‌بندی مواد غذایی بر حسب میزان اسیدیته یا pH، مقدار چربی، مقدار رطوبت 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

این فراورده‌ها اگر در قوطی یا بسته بدون لعاب درونی بسته‌بندی شوند باعث خوردگی و تولید گاز هیدروژن خواهند شد. گاهی تغییر رنگ در مورد سب (درختی) دیده می‌شود. این حالت در قوطی‌های قلع‌اندود بدلیل اثر رنگ بر روی قلع کمتر بروز می‌نماید. مریا و ژله در مقایسه با کمپوت‌ها واکنش کمتری می‌دهند که بدلیل ویسکوزیته بالاتر این فراورده‌ها است. در مورد آب میوه‌ها کاهش عطر و طعم دیده شده است که می‌تواند بواسطه جذب آنها توسط لعاب درونی باشد. با مقایسه بین میوه‌ها و سبزیها، عمر نگهداری دسته‌های 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 فرآورده‌های بسته‌بندی شده در آلومینیوم دیده نمی‌شود. در مواردی آلومینیوم باعث تخریب رنگ برخی از رنگیزه‌ها می‌شود. بعنوان مثال تغییر رنگ صورتی میگو به خاکستری گل‌آلود که متعاقب آن بوی هیدروژن سولفور نیز به مشام می‌رسد، از آن جمله است. با کاهش pH به حدود ۶ تا ۶/۴ می‌توان به شکل موثری از بروز این مشکل جلوگیری نمود. ساردین اگر با سس خردل یا گوجه فرنگی همراه شود اسیدیته کل سس نباید از ۳ درصد بیشتر باشد، در غیر اینصورت سس‌ها بدلیل اثر خوردگی حتی به لعاب نیز حمله کرده آن را از بین می‌برند.

پ: نوشابه‌های گازدار

پرمصرف‌ترین فرآورده غذایی که در ظروف (قوطی) آلومینیومی بسته‌بندی می‌شود، بشمار می‌آیند. بررسی‌ها نشان داده که نوشابه‌های دارای پایه سیتروسی بعد از ۶ ماه نگهداری در درجه حرارت اتاق، کمی طعم خود را از دست داده‌اند.

ت: 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 (در مورد آب میوه و نوشابه‌های ایزوتونیک)، واکنش‌های متقابل ممکن است تا حدی اتفاق بیفتد.

۹- 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 تنها از نظر مقاومت به خوردگی است که در مرتبه پائین‌تری نسبت به پلی‌استر، پلی‌اتیلن، PVDC، PVC و کاغذ آغشته به PVDC قرار می‌گیرد. بر خلاف تصور

عموم، مواد غذایی بسته‌بندی شده در آلومینیوم را می‌توان در مایکروویو نیز قرار داد بدون آنکه خطری مگنوترون را تهدید نماید.

۱۰- بازیابی ظروف و لایه‌های آلومینیومی

به دلیل ترکیب ساده این ظروف، بازیابی ضایعات بسیار آسان و با صرفه است. طبق آمار موجود، ۹۶ درصد قوطی‌های نوشابه آلومینیومی بفروش رفته، بازیافت شده و دوباره در چرخه تولید و مصرف قرار می‌گیرند.

فصل پنجم: فولاد قلع اندود (حلبی)

مقدمه

استفاده از ورق فولاد قلع اندود جهت بسته‌بندی مواد غذایی تاریخچه طولانی دارد. در اوایل قرن نوزدهم میلادی، ناپلئون جایزه‌ای به مبلغ ۱۲۰۰۰ فرانک برای ارائه روشی که با آن بتوان مواد غذایی مصرفی را نگهداری کرد، تعیین و اعلام نمود. در آن هنگام نیکلا آپرت به این نکته پی برد که می‌توان با حرارت دادن ماده غذایی 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 نام‌های جان هال و برایان دانکین، شروع به تولید قوطی از ورق قلع اندود جهت بسته‌بندی مواد غذایی دریانوردان نمودند. ورقها در آن موقع تا حدودی ناهموار بوده و دارای پوششی ضخیم از قلع بودند و قلع اندود کردن نیز به روش غوطه وری انجام می‌گرفت. در سال ۱۸۱۹ اولین قوطی قلع اندود به صورت تجاری وارد بازار شد. از سال ۱۸۶۰ هنر قوطی سازی کامل تر شده و به صورت علم درآمد. در سال ۱۹۲۹، در آلمان از روش الکترولیتی برای قلع اندود کردن استفاده شد که در این حالت مصرف قلع به نحو چشمگیری کاهش یافت.

۱- نحوه تهیه ورق فولادی

پس از آنکه سنگ آهن در کارخانه ذوب آهن، به صورت مذاب درآمد، توده مذاب در کارگاههای ریخته‌گری به شکل تختال (slab) ضخیم و طولی در می‌آید. تختالی که برای تولید ورق مورد استفاده قرار می‌گیرد، از نوع کم کربن است. طول تختال بین ۹ تا ۱۰ متر، عرض آن بین ۶۵ سانتی‌متر تا ۲ متر و ضخامت آن ۲۲ سانتی‌متر می‌باشد. حداکثر وزن تختال به هنگام خروج از قالب، ۲۸ 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 ۱/۸ میلی‌متر در می‌آید. این ورق سپس در حمام اسید سولفوریک رقیق اسیدشویی شده و توسط نورد سرد، ضخامت آن به ۰/۵ تا ۰/۱۵ میلی‌متر خواهد رسید. در نهایت ورقه، استرس‌زدایی شده تا بدین ترتیب سختی و سطح صاف مورد نظر بدست آید. تنش‌زدایی یا آنیل محفظه‌ای (box annealing)، شامل حرارت‌دهی و خنک‌سازی 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 جزئی احیا باشد، سطحی براق ایجاد می‌نماید. با توجه به اینکه هرچه از ضخامت ورق کاسته شود، صرفه‌جویی بیشتری در هزینه‌ها صورت خواهد گرفت. هر چه ورق نازک‌تر شود، بواسطه فشار وارده به آن، سختی آن نیز افزایش می‌یابد، اکنون استفاده از ورق‌هایی که دوبار توسط نورد سرد تیمار شده‌اند و DCR (double cold reduced) نامیده می‌شوند، معمول می‌باشد.

در صورتی که تختال‌ها بعد از شکل‌گیری به انبار تختال منتقل شده باشند، ابتدا در کوره گرم شده تا به صورت گداخته درآیند و سپس با استفاده از غلطک‌های عمودی و افقی از ضخامت آن‌ها کاسته خواهد شد. این غلطک‌ها قادر هستند که در حین کاهش ضخامت، عرض تختال را نیز حداکثر تا ۷۰ میلی‌متر کاهش دهند. جهت برداشتن پوسته‌هایی که بر روی صفحات فولادی (تختال نازک شده) بوجود آمده 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 ۸۵۰ درجه سانتی‌گراد خواهد بود که رفته رفته تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد خنک شده و سپس به کلاف پیچ منتقل می‌گردد. این کلافها (رول‌ها) آماده انتقال به واحد نورد سرد هستند. کلافها دارای عرض بین ۵۸ سانتی‌متر تا کمی کمتر از ۲ متر بوده، قطر آنها حداکثر یک متر و ۸۵ سانتی‌متر و وزن کلاف در حدود ۲۷ تن است.

۲- 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 ضخیم از قلع (۱۷ تا ۲۲ گرم به ازاء هر متر مربع، ۸/۵ تا ۱۱ گرم بر روی هر سطح) تشکیل می‌گردد که معادل ضخامتی حدود ۰/۰۲ تا ۰/۰۷ میلی‌متر در هر سوی ورق خواهد بود. شرط لازم برای قلع‌اندود کردن به روش فوق، وجود سطحی تمیز و عاری از آلودگی است که با اسیدشویی و توسط اسید سولفوریک یا کلریدریک رقیق انجام می‌گیرد. غلظت اسید ۲ تا ۶ درصد و دما در محدوده ۶۵-۸۰ درجه سانتی‌گراد و زمان اسیدشویی ۴-۲ دقیقه است. ورق‌ها سپس از میان حوضچه روان

ساز به عمق ۵-۲/۵ سانتی متر عبور می نمایند. روان ساز مورد استفاده کلرور روی ($Zn Cl_2$) محلول در آب است که حاوی مقداری کلرید آلومینیوم نیز می باشد. سرعت عبور ورق از میان محلول روان ساز حدود ۱۶/۵ سانتی متر بر ثانیه است. پس از روان سازی، ورق وارد پاتیل قلع مذاب شده و در مرحله بعد به صورت عمودی از لایه روغن و غلطک های خشک کن عبور می نمایند. در روش الکترولیتی، مصرف قلع به ۵/۶ گرم به ازای هر متر مربع (۲/۸ گرم بر هر طرف) کاهش یافته و ضخامت آن به حدود ۰/۴ میکرومتر خواهد بود. نحوه قلع اندود کردن به روش الکترولیتی را می توان در شکل ۱ ملاحظه نمود.



شکل ۱- نمودار تولید ورق قلع اندود

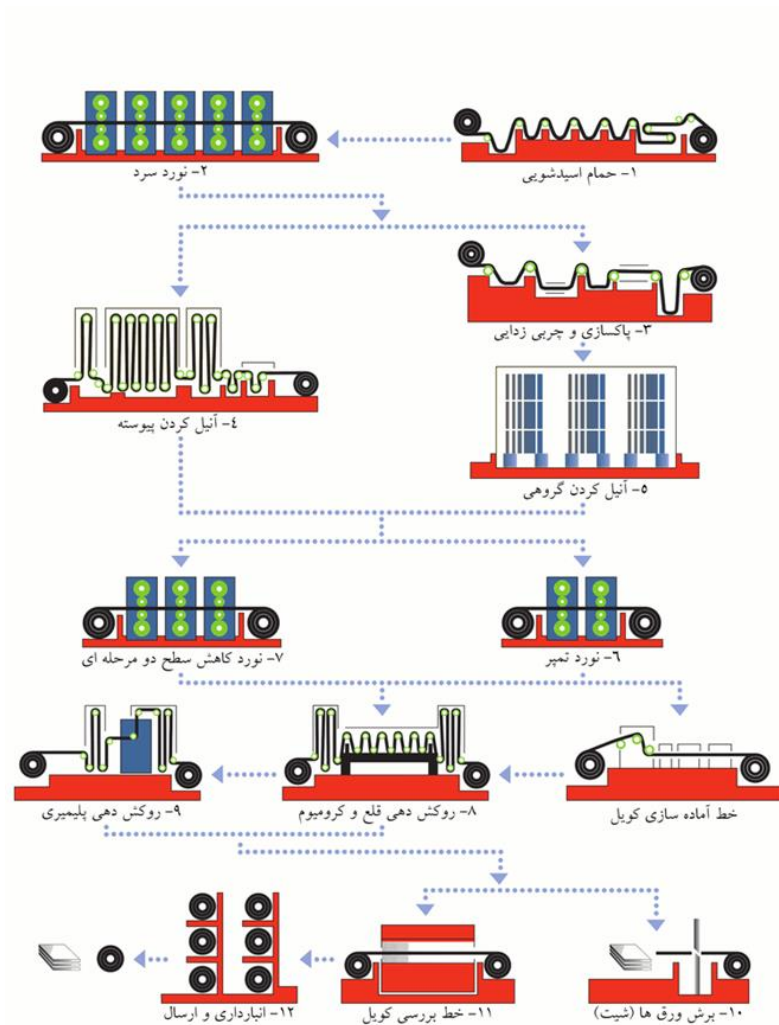
ورق های حاصل از نورد سرد، پس از باز شدن، توسط قلیا، آب و اسید شسته می شود. در مرحله شستشوی قلیایی، گرد و خاک، ذرات فلزی و جامدات موم مانند جدا می شوند. تمیزکننده های قلیایی مخلوطی از نمک های معدنی همراه با مقادیر کمی مواد مرطوب کننده هستند تا بتوانند تمیزکاری را از طریق صابونی شدن و تشکیل امولسیون را بهبود بخشند. در عملیات اسیدشویی جهت دفع اکسیدهای فلزی از اسید استفاده می گردد که اسید سولفوریک متداول ترین این اسیدها به شمار می آید. اسید پس از حل پوسته اکسیدی، به پایه فولادی حمله می کند، بنابراین از ممانعت کننده ها باید استفاده شود. پس از تمیز کردن ورق، آنها را وارد حوضچه های آبکاری (الکترولیتی) می نمایند. این بخش خود از چندین سلول آب کاری (۱۲-۵ عدد) تشکیل شده است. در ابتدای بخش، سلول آب کاری اولیه قرار دارد که حاوی الکترولیتی بطور کامل یا تا اندازه ای متفاوت با حمام

اصلی است. در این سلول‌ها شمش خالص **قلع آند و ورق کاتد** را تشکیل می‌دهند. ورق قلع اندود و الکترولیتی را می‌توان با مقادیر برابر یا نابرابر قلع روی دو سطح ورق تولید نمود (جدول ۱). ضخامت اسمی پوشش قلع برای نوع برابر بین ۰/۴ تا ۱/۵ 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 قلع اندود، بلافاصله شستشو شده و خشک می‌گردد تا از رگه‌دار شدن آن جلوگیری گردد. برج‌های ذخیره نوار که در ابتدا و انتهای فرآیند دیده می‌شوند، نوارهای اضافی را ذخیره می‌نمایند تا در صورت بروز مشکل، پیوستگی خط، قطع نشود (شکل ۲). 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 دو ظرفیتی است. در اثر این واکنش قلع فلزی روی کاتد رسوب می‌کند که در فرآیند مداوم، کاتد یا نوار پیوسته فولادی، متحرک است (شکل ۳). 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 مواد آلی مانند ژلاتین به محلول افزود.

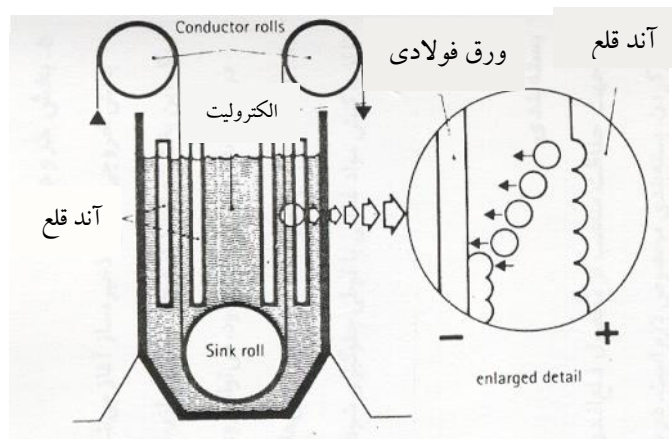


جدول ۱- مشخصات ورق قلع اندود

علامت قبلی	علامت فعلی	نوع پوشش
۲۵#	۲/۲-۸/۸	یکسان
۵۰#	۵/۵-۶/۶	
۷۵#	۸/۸-۴/۴	
۵۰-۲۵#	۲/۵-۸/۶	متفاوت
۷۵-۲۵#	۲/۸-۸/۴	
۷۵-۵۰#	۵/۸-۶/۴	



شکل ۲- نمودار تولید ورق قلع اندود



شکل ۳- نحوه تثبیت قلع بر روی ورق فولادی

همچنین حضور عامل ترکننده مانند B_2O_3 - نفتول ضروری است. حمام‌های اسیدی مناسب برای فرآیند قلع‌اندود کردن متنوع بوده و از جمله به حمام متان یا فنول سولفونیک اسید، کلرید، سولفات و فلوروبوریک اسید

می‌توان اشاره نمود. در فرآیند الکترولیتی قلیایی، از حمام‌های قلیایی استات سدیم یا پتاسیم استفاده می‌شود. واکنش آنند، اکسیداسیون قلع فلزی به یون قلع چهار ظرفیتی است.



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 ۹۵ درجه سانتی‌گراد بازدهی دارند در حالیکه حمام اسیدی در محدوده ۴۹-۳۸ درجه سانتی‌گراد عمل می‌نماید. در روش اسیدی هیدروژن کمتری در آنند 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: حل شدن قلع در آنند 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، آنند تحلیل رفته، فاصله بین آنند و نوار فولادی (کاتد) تغییر می‌کند و بنابراین لازم است آنند به طرف نوار حرکت داده شود.

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

د: شکسته شدن آنند در حین تعویض یا حرکت.

۳- سفیدگری (flow brightening)

ورق قلع‌اندود تهیه شده به روش غوطه‌وری دارای ظاهری درخشان و براق است، در حالیکه، قلع‌اندود نمودن به روش الکترولیتی، سطحی گرفته و مات ایجاد می‌کند. در این حالت ورق قلع‌اندود شده دارای مورفولوژی میکروبلورین غیرانعکاسی است. علت بروز این حالت آن است که یونهای قلع حاصل از آنند، به صورت ذره‌ای بر روی نوار فولادی رسوب می‌نمایند و بنابراین نوعی حالت متخلخل را ایجاد خواهند نمود. برای رفع این وضعیت، نوار قلع‌اندود شده، به یکی از روشهای مقاومت الکتریکی، القاء و یا حمام روغن داغ،

سریعاً حرارت می‌بیند. اگر چه نقطه ذوب قلع ۲۳۱/۹ درجه سانتی‌گراد است، اما برای کسب 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.

۴- روئین سازی (passivation)

در عملیاتی دیگر، و به منظور جلوگیری از تشکیل اکسید قلع بر سطح نوار، لایه‌ای از کروم 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 لحیم کاری لبه‌ها دشوار خواهد شد. در این روش از محلول دی کرومات سدیم الکترولیتی با غلظت ۲۰ تا ۶۰ گرم در لیتر و pH برابر با ۳/۵ تا ۷ و دمای حمام ۳۵ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد استفاده می‌گردد. دانسیته جریان $40-50 \text{ A/dm}^2$ بوده و زمان عملیات ۰/۱ تا ۱۰ ثانیه می‌باشد. محدوده بهینه اکسید کروم هیدراته که بر روی ورق قلع اندود قرار می‌گیرد، ۰/۰۰۵ تا ۰/۰۵ گرم به ازای هر مترمربع است، در صورتی که مقدار اکسید کروم کمتر از ۰/۰۰۵ گرم بر هر مترمربع و یا بیشتر از ۰/۰۵ 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 ۶-۵ باشد، شسته می‌شود تا خاصیت چاپ پذیری ورق بهبود یابد. گاهی نیز از کربنات سدیم استفاده می‌شود که اثر کمتری در مقایسه با محلول فوق دارد و بیشتر در قوطی‌های کنسانتره شیر از آن استفاده می‌گردد.

۵- 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 سترات به صورت لایه‌ای بسیار نازک (۵ تا ۲۰ میلی‌گرم برای هر متر مربع)، بر سطح ورق تحت فرآیندی الکترواستاتیکی قرار خواهد گرفت. از مواد کاهش دهنده فعالیت

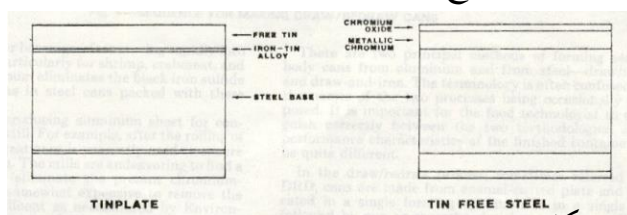
سطحی نیز می توان همراه با روغنها استفاده نمود. پس از انجام این مراحل، ورقه‌ای متشکل از چندین لایه بدست می آید (شکل ۴) که از آن در ساخت قوطی قابل استفاده در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی استفاده خواهد شد.



شکل ۴- لایه های تشکیل شده بر روی ورق فولادی پس از قلع اندود شدن

۶- محصولات جانبی قلع اندود نمودن ورق

ورق کروم اندود الکترولیتی (electrolytic chromium coated steel) یا فولاد عاری از قلع (tin-free steel)، از محصولات جانبی کارخانه ورق قلع اندود است که در آن سطح ورق فولادی با دو لایه کروم فلزی و اکسید کروم پوشانده شده است (شکل ۵). در این روش ۵۰ تا ۹۰ میلی گرم کروم فلزی و ۷ تا ۳۵ میلی گرم اکسید کروم برای هر متر مربع ورق، استفاده می شود. این ورق‌ها قبل از مصرف در کارخانه قوطی سازی باید لاک زده شود زیرا لایه اکسید کروم باعث سایش شدید ماشین آلات می گردد از ورق کروم اندود الکترولیتی در ساخت قوطیهایی که نیاز به جوشکاری ندارند و نیز انواع درپوش‌ها استفاده می شود.



شکل ۵- مقایسه ورق قلع اندود با ورق عاری از قلع

۷- بازیابی ورق قلع اندود

به دلیل خواص مغناطیسی فولاد، جمع آوری و ذخیره قوطیهای قلع اندود جهت بازیابی، آسان و اقتصادی است. بازیابی هر تن قراضه ورق قلع اندود، ۱/۵ تن سنگ آهن، ۶۶۵ کیلوگرم زغال سنگ، ۱۹۱ کیلوگرم سنگ آهک صرفه جویی را به دنبال دارد. پوشش قلع مشکلی در فرآیند بازیابی ایجاد نمی کند زیرا درصد قلع

در قراضه ورق قلع اندود بسیار پائین است. آلاینده‌های آلی مانند برچسب و رنگ نیز در دمای بیش از ۱۶۰۰ درجه سانتی‌گراد فرآیند فولادسازی می‌سوزند.

۸- وزن مبنا (Base weight)، 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 شامل ۱۱۲ ورق قلع اندود به طول ۲۰ و عرض ۱۴ اینچ است که سطحی معادل ۳۱۳۶۰ اینچ مربع خواهند 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 خواهد بود. به عنوان مثال وقتی وزن مبنا ۴۵ پوند (حدود ۲۱ کیلوگرم) باشد، ضخامت ۱۱۲ ورق (۱۴×۲۰ اینچ) برابر با ۰/۰۰۵ اینچ (۱۲۷ میکرومتر) است و در صورتی که وزن مبنا، به ۱۰۰ پوند (۴۵ کیلوگرم) افزایش یابد، ضخامت هر یک از ۱۱۲ ورق، حدود ۲۸۰ میکرومتر می‌باشد.

جدول ۱- 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

در همین زمینه می‌توان وزن هر فوت مربع از این ورق‌ها را نیز بدست آورد. با توجه به اینکه ۳۱۳۶۰ اینچ مربع

(مساحت کل ۱۱۲ ورق) معادل با ۲۱۷/۸ فوت مربع است، بنابراین در مثال اول:

$$۱۴ \times ۲۰ \times ۱۱۲ = ۳۱۳۶۰ \text{ In}^2$$

$$۳۱۳۶۰ \div ۱۴۴ = ۲۱۷/۸ \text{ Ft}^2$$

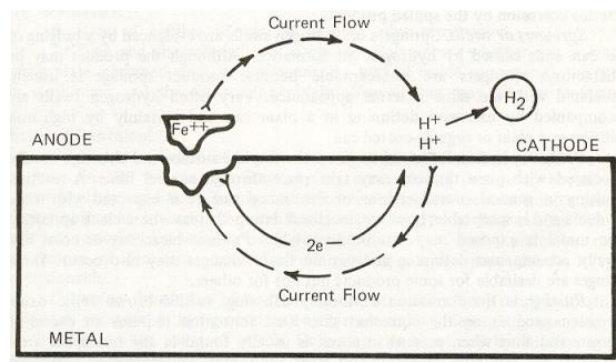
$$۴۵ \div ۲۱۷/۸ = ۰/۲۰۶۶ \text{ lb}$$

یعنی که یک فوت مربع از ورق، وزنی برابر با ۰/۲۰۶۶ پوند (۹۴ گرم) خواهد داشت. جدول ۱، ضخامت را با توجه به وزن مبنا نشان می‌دهد. امروزه در اروپا برای بیان همین ویژگی در واحد متریک، از سیستم دیگری به نام SITA (System International Tinplate Area) که وزن یکصد مترمربع است، استفاده میشود.

۹- خوردگی

همه ساله تعداد بیشماری از قوطی‌های تهیه شده از ورق قلع اندود جهت بسته‌بندی مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند که در معرض حملات شیمیایی متعددی نیز قرار می‌گیرند. برخی از فراورده‌های غذایی، 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 تاخیر 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 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 الکتروود نامیده که یکی کاتد و دیگری آنود می‌باشند و جریان تولید شده بواسطه حرکت الکترونها از آنود به کاتد خواهد بود. با حرکت الکترونها از آنود، آن قسمت از فلز که در مایع غوطه‌ور است بصورت یون‌های مثبت و محلول در می‌آیند و بنابراین به تدریج آنود 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 آنود و فولاد را کاتد در نظر گرفته شود، 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 ۶).



شکل ۶- مکانیزم خوردگی ورق فولادی

یکی از مهمترین نکات و عواملی که باید کنترل شود، اکسیژن است. بطور معمول 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 سریع در غذا حل می‌شود و 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 الکتروود منفی خواهد شد. قسمت اعظم این گاز خارج می‌شود اما بخشی از آن به صورت حباب، کاتد را در بر گرفته و باعث می‌شود تا جریان معکوس در آید.

در مبحث خوردگی، هر چیزی که از شدت جریان بکاهد، سرعت و شدت خوردگی را نیز کم می‌کند، و 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 دوباره 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 مجموعه داشته باشند، ولتاژ بیشتری در مقایسه با فلزات نزدیک به هم تولید می‌نمایند. آلومینیوم و آهن در این سری از یکدیگر فاصله بسیار دارند و بنابراین استفاده از درهای 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 سریع دچار خوردگی می‌شود. 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. 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.

۱۰- 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 صنعت 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 ۲ دیده می‌شوند. فولاد نوع L دارای مقدار بسیار کمی فسفر است و برای فراورده‌هایی که خاصیت خوردگی شدید دارند (با اسیدپتیه بالا) مانند میوه‌های تیره‌رنگ، ترشی‌ها توصیه می‌شود. فولاد نوع MR که مقدار بیشتری فسفر نسبت به فولاد L دارد برای فراورده‌هایی با اسیدپتیه ملایم مانند آب میوه‌های گلابی، هلو و آناناس مناسب است و در مواردی مانند گوشت و ماهی و اکثر سبزیجات، قابل مصرف می‌باشد.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی چند نوع فولاد پایه مصرفی جهت قلع اندود نمودن

نوع فولاد				عناصر
MC	MR	MS	L	
۰/۶-۰/۲۵	۰/۶-۰/۲۵	۰/۶-۰/۲۵	۰/۶-۰/۲۵	منگنز
حداکثر ۰/۱۲	حداکثر ۰/۱۲	حداکثر ۰/۱۲	حداکثر ۰/۱۲	کربن
۰/۱۱-۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	فسفر
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	گوگرد
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	سیلیس
۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۰۶	مس
-	-	۰/۰۴	۰/۰۴	نیکل
-	-	۰/۰۶	۰/۰۶	کروم
-	-	۰/۰۵	۰/۰۵	مولیدن
-	-	۰/۰۲	۰/۰۲	آرسنیک

فولاد نوع MC که در آن مقداری فسفر به ترکیب اضافه شده است برای فرآورده هایی که خوردگی نداشته و یا اثر کمی دارند مناسب است و به جهت داشتن استحکام برای ساخت قوطیهای سه قسمته بکار می رود. فولاد نوع N برای قوطیهای کششی و در قوطیهای آئروسول مناسب است و از نظر ترکیب شیمیایی شبیه به فولاد نوع L بوده که به آن تا ۰/۰۲ درصد نیتروژن افزوده شده تا بدین ترتیب سختی و مقاومت به کشش فولاد افزایش یابد. ترکیب شیمیایی قلع با درجه A (ممتاز) در جدول ۳ دیده می شود. بطور کلی تمام ناخالصی موجود در این نوع قلع کمتر از ۰/۲ درصد است، ضمن آنکه در روش الکترولیتی قلع خالص بر روی فولاد تثبیت می شود.

جدول ۳- درصد عناصر همراه با قلع (ناخالصی ها)

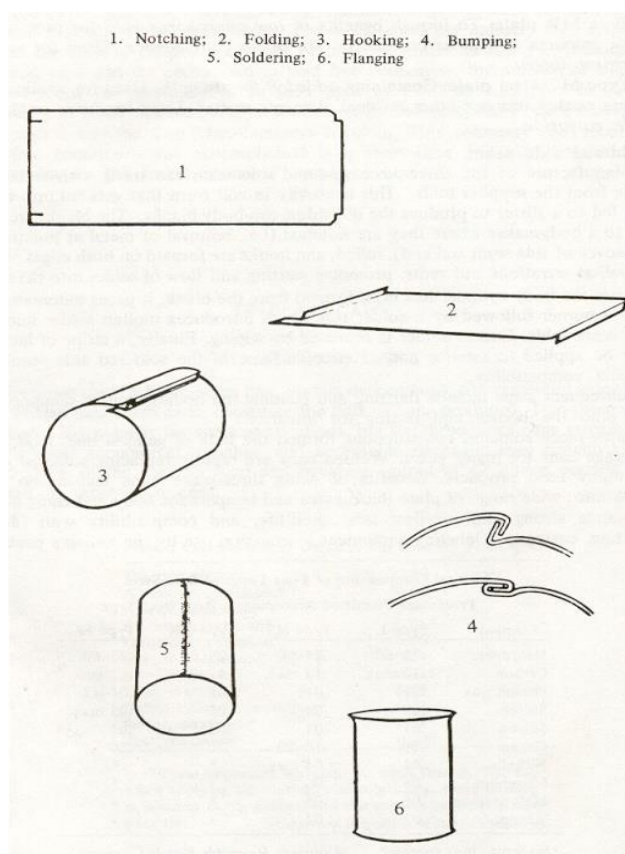
عناصر	%
قلع (حداقل)	۹۹/۸
آنتیموان (حداکثر)	۰/۰۴
آرسنیک (حداکثر)	۰/۰۵
بیسموت (حداکثر)	۰/۰۱۵
کادمیوم (حداکثر)	۰/۰۰۱
مس (حداکثر)	۰/۰۴
آهن (حداکثر)	۰/۰۱۵
سرب (حداکثر)	۰/۰۵
نیکل (حداکثر)	۰/۰۱
گوگرد (حداکثر)	۰/۰۱
روی (حداکثر)	۰/۰۰۵

۱۱- ساخت قوطی از ورق فولادی قلع اندود (حلبی)

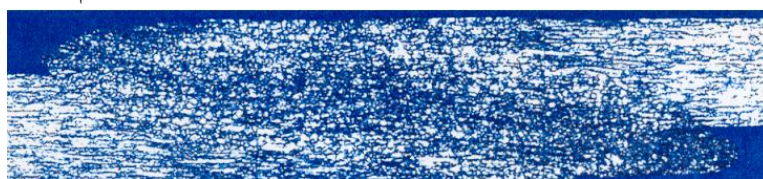
از انواع مختلف قوطی جهت بسته بندی مواد غذایی استفاده می گردد که عبارتند از:

الف: قوطی سه تکه ای:

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 (شکل ۷ بخش ۱) که سپس به صورت قلاب در می‌آیند (شکل ۷، بخش ۲ و ۳ و ۴ و ۵). حالت دندانه‌دار موجود باعث می‌شود که عمل لحیم‌کاری راحت‌تر صورت گیرد. پس از شکل‌گیری بدنه استوانه‌ای، درز آن از روی شعله عبور داده می‌شود تا بدین ترتیب مواد مذاب بتوانند 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) (شکل ۷ بخش ۶) در دو سر استوانه و نیز چین‌دار (beading) نمودن بخش استوانه‌ای جهت افزایش مقاومت آن به ضربه است.

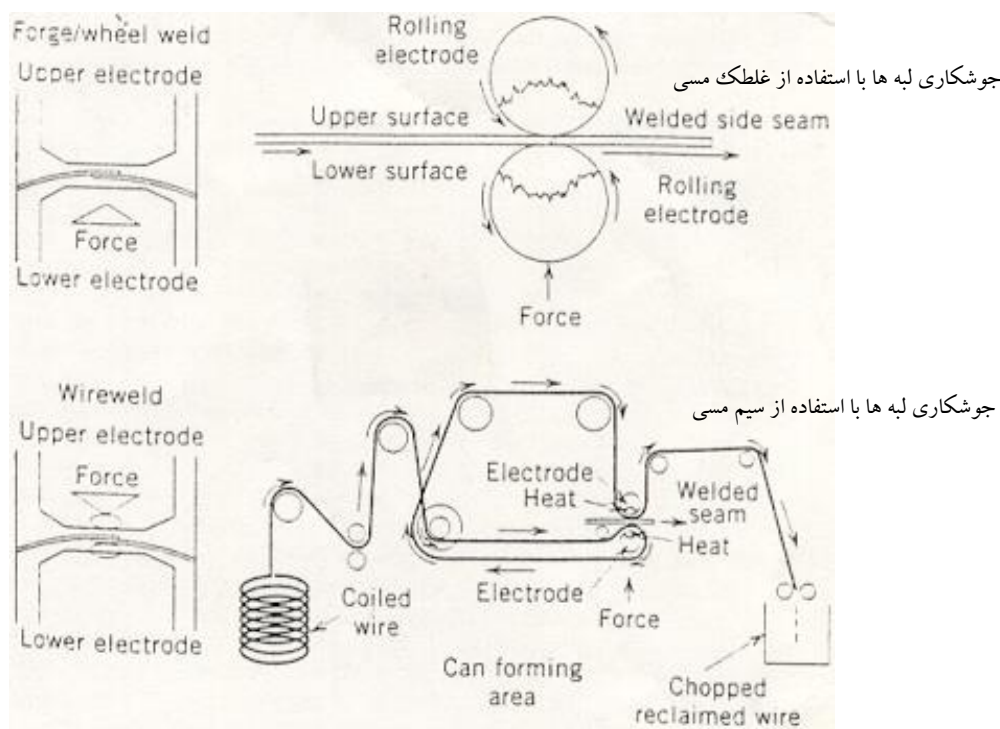


شکل ۷- مراحل مختلف ساخت قوطی با ایجاد قلاب و لحیم‌کاری



شکل ۸- جوشکاری لبه‌های ورق که لبه‌ها حدود ۰/۴ میلی‌متر روی هم قرار می‌گیرند

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. (شکل ۸). 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 (شکل ۹). این روش بر روش لحیم کاری مزیت و برتری دارد زیرا ۱- از مواد لحیم کاری (مانند سرب) استفاده نمی‌شود و ۲- درز جانبی از ضخامت بسیار کمی برخوردار است و بنابراین در رنگ آمیزی بدنه قوطی مشکلی ایجاد نمی‌نماید. از طرف دیگر دوام بیشتر نسبت به درزهای لحیم کاری شده دارد.

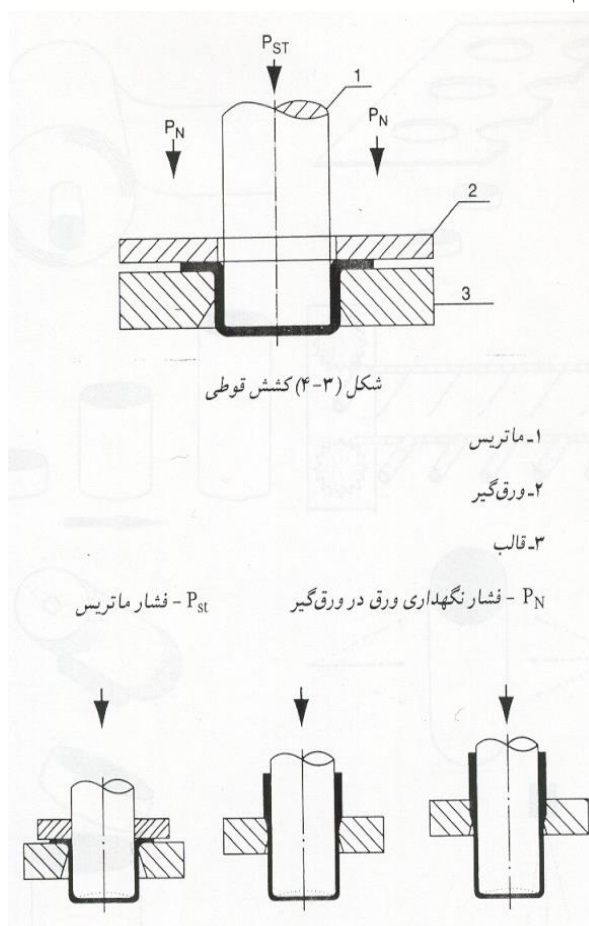


شکل ۹- نحوه جوشکاری لبه‌ها با استفاده از سیم یا غلطک مسی

ب: قوطی دو تکه‌ای

این نوع قوطی از دو قسمت بدنه و در فوقانی تشکیل شده است و کف یک پارچه است و توسط فرآیند کشش تولید می‌گردد و قسمت سر قوطی پس از پر کردن با مواد غذایی، به بدنه دوخته می‌شود. قوطی دو تکه‌ای شامل دو نوع کششی (شکل های ۱۰ و ۱۲) و کششی عمیق (شکل ۱۱) 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 انواع ورق‌های فلزی (در مورد آلومینیوم ذکر شد) بکار برد و از مزایای مهم آن حذف درز جانبی است.



شکل ۱۱- ساخت قوطی از ورق قلع اندود به روش کششی عمیق



شکل ۱۲- نوعی قوطی تهیه شده به روش کششی و ظهور خطوط کشش بر سطح داخلی قوطی

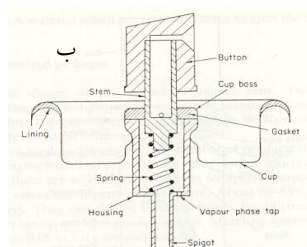
پ: قوطی‌های قابل اسپری یا آئروسول

بیشتر 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 ۰/۱۸ تا ۰/۳۸ میلی‌متر متغیر است و بستگی به قطر قوطی دارد. حالت فوق‌زمانی است که قطر بین ۴۵ تا ۵۲ میلی‌متر باشد. در صورتی که قطر بین ۵۷ تا ۷۶ میلی‌متر باشد از ضخامت ۰/۲۱ تا ۰/۴۴ 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 می‌شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳ - ساخت بدنه قوطی آئروسول به روش کششی عمیق.

valve cup، از ورقی با ضخامت ۰/۲۶۶ میلی‌متر ساخته می‌شود. قوطی‌های آئروسول را می‌توان قوطی چهار قسمته دانست زیرا علاوه بر کف و بدنه دارای در فوقانی گنبدی شکل و valve cup است. (شکل ۱۴-الف). بر روی قسمت اخیر والو (شکل ۱۴-ب) قرار می‌گیرد که با فشار دادن آن، فضای داخلی قوطی از طریق یک مجرا به فضای اتمسفر راه پیدا می‌نماید و در مواردی مانند پاشیدن روغن به سطوح بسیار مناسب است. صرف نظر از مواد غذایی که در درون قوطی قرار می‌گیرد (به عنوان مثال، روغن یا خامه) از یک گاز به عنوان حامل مواد غذایی نیز باید استفاده گردد، در این زمینه از گازهایی چون بوتان، ایزوبوتان و پروپان بهره برده می‌شود.



ساختار والو. (ب)



الف

شکل ۱۳- کف و در فوقانی گنبدی شکل (الف).

استفاده از گازهای فشرده دی اکسید کربن و نیتروژن نیز میسر است اما از آنجا که به سرعت خارج می شوند این احتمال وجود دارد که بخشی از ماده غذایی در درون قوطی باقی مانده و امکان خروج نداشته باشد.

12- لعاب‌ها و پوشش‌های روی ورق قلع اندود

گاهی استفاده از لعاب‌های آلی به منظور جلوگیری از انجام واکنش بین مواد غذایی و سطح داخلی قوطی ضروری است. در مواردی استفاده از قوطی‌های فاقد لاک که در آنها ماده غذایی در تماس با قلع می‌باشند نیز مناسب است زیرا قلع خاصیت رنگ‌بری داشته و باعث بهبود رنگ فرآورده‌هایی 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: التورزین‌ها

معمول‌ترین انواع لعاب‌ها بوده و شامل نوع «R» یا لعاب‌های میوه‌ای و نوع «C» هستند. نوع «R» بطور مشخص برای حفاظت از رنگیزه میوه‌هایی که از رنگ زیادی برخوردار هستند (آلبالو، چغندر) بکار می‌رود. نوع «C» برای جلوگیری از بد رنگ شدن فرآورده‌هایی مانند ذرت، نخودفرنگی، ماکیان و غذاهای دریایی که «سولفید سیاه» نامیده می‌شود، بکار می‌رود و حاوی ۱۵ 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 اولتورزین‌ها در قوطی‌هایی که در آنها فرآورده‌های اسیدی بسته‌بندی می‌شوند، استفاده می‌گردد.

ب: فنولیک‌ها

در قوطی حاوی غذاهای دریایی و انواع گوشت بکار می‌رود و نفوذ ناپذیری بیشتری نسبت به اولتورزین‌ها دارد هر چند انعطاف‌پذیری خوبی نداشته و حتی طعم و مزه خاصی در غذا ایجاد می‌کنند. جهت ایجاد مقاومت در برابر رنگ سولفیدی نیاز به اکسید روی نمی‌باشد و تحت تاثیر چربیهای حیوانی نرم نمی‌شوند.

پ: 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 مواد غذایی ایجاد ننموده و از این نظر بعد از وینیل‌ها قرار می‌گیرند. اپوکسی‌ها را می‌توان با افزودن فنولیک‌ها تعدیل نموده و از آنها برای بسته‌بندی فراورده‌هایی مانند میوه‌ها و غذاهای پرچرب استفاده نمود.

ت: وینیل‌ها

این لعاب‌ها بصورت مضاعف همراه با اولئورزین‌ها و یا اپوکسی‌بکار 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 ۹۵ 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 فراورده‌های گوشتی استفاده می‌شوند. برای لعاب دادن ورقه‌های قلع‌اندود، سطوح توسط پوشش دهنده‌های غلطکی لعاب خورده و سپس در درجه حرارت ۲۰۰ تا ۲۳۵ درجه سانتی‌گراد پخته می‌شوند. می‌توان لعاب‌ها را به درون قوطی اسپری نمود. عدم استفاده از لعاب می‌تواند در مواردی مفید باشد که این امر بدلیل اثر رنگبری قلع است. از جمله این فراورده‌ها می‌توان به کنسرو کلم شور (sauerkraut)، آب گریپ‌فروت، کنسرو گلابی و یا هلو، آناناس و پرتقال اشاره نمود.

ث: پلی‌مرهای پلی‌پروپیلین و پلی‌اتیلن تری‌فتالات (PET)

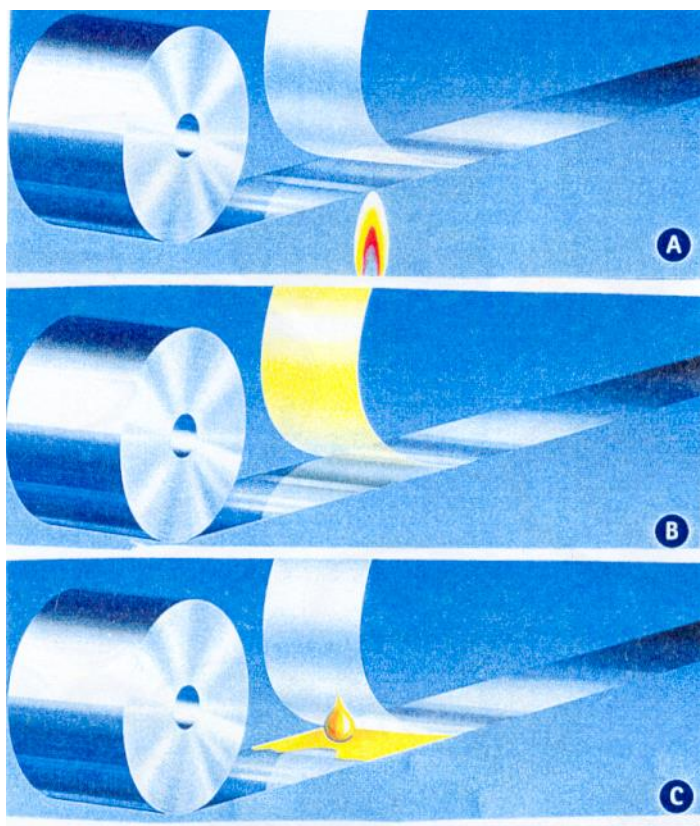
از این دو پلیمر نیز جهت لعاب دادن ورقه‌های فولادی قلع‌اندود استفاده می‌گردد و به یکی از سه روش ذیر بر روی ورق قرار می‌گیرند (شکل ۱۵).

روش A: استفاده از حرارت و بدون استفاده از هر نوع چسب. در این حالت دمای ورق بیشتر از نقطه ذوب پلی مر (PET) است و پلی مر ذوب شده از حالت بلورین به صورت بی شکل (amorph) در می آید.

روش B: پلی مر با چسب آغشته شده و سپس روکش دهی انجام می گیرد و در آن دمای ورق کمتر از نقطه ذوب پلی مر (PET) می باشد و سطح ورق های کروم اندود را با آن می پوشانند و سطح دیگر با لعاب ها و رزین ها آغشته خواهد شد.

روش C: نوار ورق به چسب آغشته شده و سپس بصورت سرد با PET یا PP پوشانده می گردد.

لعاب ها بر حسب مورد در ضخامت ۰/۰۰۲۵ تا ۰/۰۱۲۷ میلی متر به کار می روند و بین ۳ تا ۹ گرم از آنها برای پوشش هر متر مربع ورق قلع یا کروم اندود مصرف خواهد شد.



شکل ۱۵- روش های تثبیت پلی مر بر روی ورق قلع اندود.

۱۴- فولاد و مایکروویو

با توجه به اینکه امواج مایکروویو امکان عبور از فولاد را ندارند بنابراین به سوی ماگنترون بازگشته باعث اتش گرفتن دستگاه می شوند..

۱۵- چند اصطلاح رایج در صنعت تهیه ورق (قلع اندود)

- ۱- Temper designation : میزان سختی ورق‌هایی که یک بار توسط نورد سرد ضخامت آنها کاهش یافته و نشان دهنده خواص شکل‌گیری آنها می‌باشد
- ۲- Burr : برآمدگی در سطح ورق (حداکثر ۰/۰۵ میلی‌متر قابل قبول است).
- ۳- camber : میزان انحناء در کناره‌های ورق و در هر متر ۱/۳ میلی‌متر قابل قبول است.
- ۴- matte finish : جلای مات که پس از تثبیت قلع به روش الکترولیتی و قبل از سفیدگری دیده می‌شود.
- ۵- cross bow : نوعی انحناء متقاطع که در طول ورق دیده می‌شود.
- ۶- feather edge : تفاوت ضخامت ورق در عرض آن است و در فاصله ۶ میلی‌متر و ۲۵ میلی از لبه ورق اندازه‌گیری خواهد شد. تفاوت این دو نباید از ۱۵ درصد (ضخامت موردنظر) تجاوز نماید.
- ۷- crown : تفاوت ضخامت ورق در مرکز عرض ورق و ۱۰ میلی‌متری لبه ورق را گویند.
- ۸- 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 ۱/۵ میلی‌متر بیشتر باشد.
- ۹- steel density : که برای ورق‌های فولادی مناسب جهت قلع اندود نمودن 7850 kg/m^3 می‌باشد (g/cm^3) (۷/۸۵).
- ۱۰- nominal tin coating weight : مقدار قلعی که بر روی سطوح ورق فولادی قرار می‌گیرند که معمولاً اندکی کمتر از مقدار واقعی است.
- ۱۱- 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

پلیمرها (پلاستیک‌ها)

مقدمه

پلیمرها یا پلاستیک‌ها را می‌توان بر حسب منشاء آنها به دو دسته طبیعی، مانند سلوفان و یا سنتزی تقسیم‌بندی نمود. آنها را می‌توان همچنین بر اساس نحوه پلیمریزه شدن (کندانس شدن یا واکنش‌های اضافی) نیز دسته‌بندی کرد و در نهایت 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 ۱۹۱۰ تهیه شد، که بعدها جای خود را به انواع سنتزی داد. ترکیب و اتصال تعداد بیشماری اتم‌های کربن از طریق پیوندهای کتووالانس، 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 به صورت گرانول و پودر تولید می‌گردند و در هنگام شکل دهی موادی همچون نرم کننده‌ها (plasticizers)، به آنها افزوده میشود. ترموست‌ها از شبکه‌ای که در آن پیوندهای کتووالانسی تشکیل اتصالات عرضی داده‌اند، بوجود آمده‌اند. این اتصالات عرضی در حین شکل دهی ایجاد شده و پس از آن پلاستیک به حرارت مقاوم خواهد شد. از ترموست‌ها گاهی به جهت پوشش سطح داخلی ظروف و قوطی‌ها که در تماس با مواد غذایی هستند، استفاده می‌گردد. سنتز آنها تفاوت چندانی با سنتز ترموپلاست‌ها ندارد جز آنکه در مرحله نهایی عملیات ایجاد اتصال‌های 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، مونومرها (monomers) هستند. مونومرها 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

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

مواد اولیه جهت تولید منومرها بیشتر 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 دور از 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.

۲- 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. به عنوان مثال بصورت 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 (شکل ۱).

۳- افزودنیها (کمک‌فراایندها) مصرفی به هنگام تولید پلی‌مر:

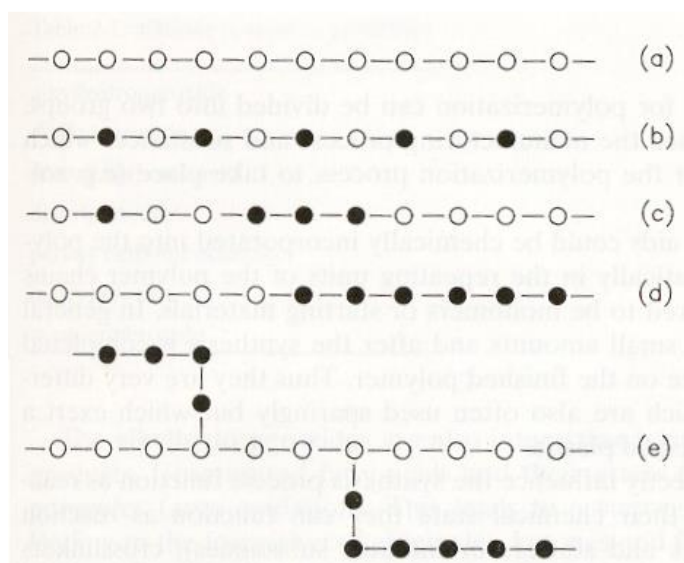
کمک‌فراایندها خود به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف: آنهایی که بطور مستقیم در فرآیند ساخت مؤثرند.

ب: 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 دسته اول می توان به کاتالیزورها، ایجاد کننده های اتصالات عرضی، کنترل کننده های کاتالیزورها، اشاره نمود. کاتالیزورها مانند فلزات، اکسیدهای فلزی، نمک ها و ترکیبات آزو (azo)، متفاوت بوده، هرچند با فعالیت آنها واکنش های زنجیره ای پلی مریزه شدن آغاز خواهند شد. از دسته دوم به جز حلال ها و امولسیفایرها، می توان به رسوب دهنده ها، ضد کف ها، تنظیم کننده های pH، تثبیت کننده ها اشاره نمود.



شکل ۱- همو پلی مر (a) کو پلیمر (b و c) کو پلیمر بلوکی (d) و پلی مر پیوندی (e)

۴- انواع افزودنی ها

با توجه به استفاده گسترده از مواد پلاستیکی در عرصه های بسته بندی مواد غذایی، کشاورزی، پزشکی و ...، توجه به انتقال احتمالی منومرها، الیگومرها، کمک فرآیندها و مواد افزودنی به پلاستیک ضروری است. زیرا همگی از دسته ترکیباتی با وزن مولکولی پائین هستند. برای تولید مواد پلیمری مناسب جهت استفاده در صنعت بسته بندی مواد غذایی، نیاز به افزودن موادی به ترکیب پلیمر می باشد که هر یک از این افزودنیها تأثیر مشخصی را بر پلیمر می گذارند. در جدول ۲ پلیمرهای پر مصرف در صنعت بسته بندی مواد غذایی و در تماس با غذا و نیز افزودنیهایی که بر حسب مورد به آنها افزوده می شود، دیده می شوند.

جدول ۲ افزودنیهای مصرفی در پلاستیکهای مورد استفاده جهت بسته‌بندی مواد غذایی

نوع پلی‌مر							نوع افزودنی
PVC	PET	PA	PS	PP	LDPE	HDPE	
	+	+		+			مواد تشکیل دهنده هسته
+			+	+	+	+	روان کننده‌ها
+	+	+	+	+	+	+	مواد ضد الکتریسیته ساکن
+							مواد کمک کننده به ایجاد حجم
+		+					نرم کننده‌ها
+	+	+	+	+	+	+	آنتی‌اکسیدان فنلی
	+	+	+	+	+	+	مواد جاذب نور ماوراءبنفش
+							ثبیت کننده‌های حرارتی
	+			+	+	+	ضد اسیدها
+	+						خشک کننده‌ها
+	+				+	+	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 تشکیل دهنده 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 پلیمر و یا فراهم نمودن نقاطی که عمل تشکیل هسته از آنجا آغاز می‌گردد، به انجام می‌رسانند که 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 ۰/۱ تا ۰/۳ درصد استفاده می‌گردد.

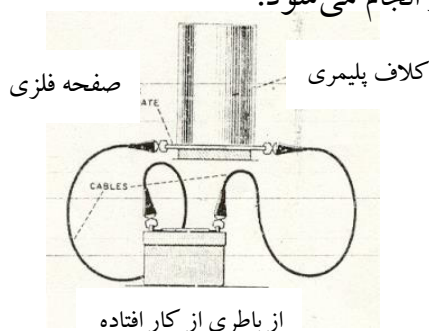
ب: روان کننده‌ها (lubricants)

موادی هستند که بر اصطکاک داخلی و خارجی پلیمرها تأثیر گذارند و بواسطه تغییر در رئولوژی پلیمر مذاب قادر به کاهش ویسکوزیته پلاستیک مذاب خواهند بود. از جمله این ترکیبات می‌توان به الکل‌های چرب، اسیدهای چرب، آمیدها، دی‌آمیدها، موم‌های پارافینی اشاره نمود. حلالیت روان کننده‌ها در پلیمرها از اصل قدیمی «مشابه در مشابه حل می‌شود» (*solvuntur simili similia*) تبعیت می‌کند و مطابق این اصل

روان کننده‌های غیر قطبی (مانند موم) در پلی‌اولفین‌ها (PO) مانند PE PP حل می‌شوند، حال آنکه اسیدهای چرب و استر در آنها حل نمی‌شوند. گاهی موادی چون ژل سیلیکا و پودر گچ را هم که در اصل ضد بلوکه شدن پلی‌مرها هستند به عنوان روان کننده خارجی (external lubricants) می‌شناسند. از روان کننده‌ها در PVC در حد ۰/۳ تا ۰/۸ درصد، در پلی‌اولفین‌ها، در حد ۰/۱ تا ۰/۲ درصد استفاده می‌گردد. در مورد L-LDPE به صورت اختصاصی فلوروپلیمرها کاربرد دارد.

پ- 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 ۲) اما اکنون این عمل با استفاده از افزودنیهای یونی و انجام می‌شود.



شکل ۲- تخلیه بار الکتریکی پلیمر 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 آن‌ها به ماکرومولکول (پلیمر) متصل شده و آن‌ها 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 غیر یونی نیز پلی‌اتیلن گلیکول قابل ذکر است. از مواد یونی برای پلاستیک‌های قطبی مانند PVC و PS استفاده می‌شود و از غیر یونی‌ها هم در مورد PO غلظت این مواد حداکثر ۰/۱ تا ۲ درصد خواهد بود.

ت- 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 از ترکیباتی که گازهای خنثی را تولید می‌نمایند، استفاده می‌گردد که از آن جمله می‌توان به دی‌ایزوپروپیل هیدراز و دی‌کربوکسیدات و... اشاره کرد.

ث- نرم کننده‌ها (plasticizers)

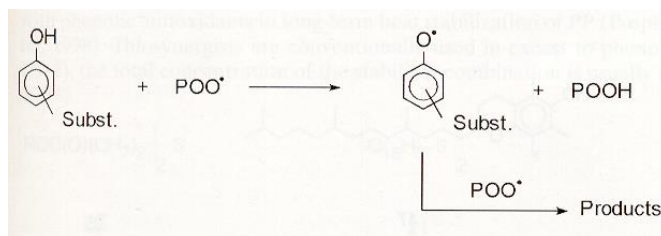
افزودنی‌هایی هستند که پلیمر را به صورت ژل درآورده و فرآیندپذیری و انعطاف آن را از طریق کاهش ویسکوزیته حالت مذاب و Tg افزایش می‌دهند، بدون آنکه خصوصیات شیمیایی پلیمر را تغییر دهند. نرم کننده‌ها به دو دسته داخلی و خارجی تقسیم می‌شوند. در حالت اول نرم کننده بواسطه نیروهای فیزیکی (واندروالس) به پلیمر متصل 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 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 از این رو نرم کننده‌های خارجی با وزن مولکولی بالا دارای ارجحیت استفاده هستند. نرم کننده‌های آلی با نقطه جوش بالاتر از ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد اکنون در دسترس است که از آن جمله می‌توان، دی (۲-اتیل هگزیل) فتالات، دی (۲-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 ۳۵ 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 ۲۲ درصد بیشتر شود. برخی از نرم کننده‌ها در صورتی که بیش از ۱۵ 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. بهر حال با تنظیم مقدار و سهم این نرم کننده‌ها می‌توان بر

این مشکل غلبه نمود. از نرم کننده‌های داخلی پلی اتیلن وینیل استات قابل ذکر است (با ۴۵ درصد وینیل استات) در صورتی که پلی مر از نوع PVDC باشد حداکثر ۵ درصد از استرهای سباسیت (sebacate) یا سترات و حداکثر ۱۰ درصد از سایر نرم کننده‌های پلیمری می‌توان استفاده کرد.

ج- آنتی‌اکسیدان‌ها

پلیمرها هم مانند برخی ترکیبات آلی تحت تأثیر گرما و یا نور ماورابنفش (۴۰۰-۳۰۰ نانومتر) اکسید شوند. نحوه اکسید شدن پلیمرها تحت تأثیر عوامل فوق به این صورت است که ابتدا رادیکال (P^\bullet) تشکیل می‌گردد که سپس به فرم اکسید شده الکیل پروکسیل (POO^\bullet) در می‌آید که ترکیب اخیر تولید هیدروپراکسید ($POOH$) می‌کند. تجزیه $POOH$ و تولید PO^\bullet این زنجیره را تداوم خواهد بخشید. از آنجا که شروع اکسیداسیون پلیمرها توسط حرارت یا نور است بنابراین آنتی‌اکسیدانها را هم می‌توان به دو دسته تقسیم نمود:

۱- 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 ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد از اثرشان کاسته شود. نحوه اثر آنها را می‌توان در شکل ۳ مشاهده نمود.



شکل ۳- نحوه اثر آنتی‌اکسیدانهای فنلی در پلی مرها

امروزه از α -DL-توکوفرول نیز استفاده می‌گردد. در سطح تجاری نیز دی‌اُکتادسیل (هیدروکسیل آمین را می‌توان به عنوان آنتی‌اکسیدان استفاده کرد).

۲- آنتی‌اکسیدانهای 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 پروپونات و دی‌اُکتادسیل دی‌سولفید به همراه آنتی‌اکسیدانهای فنلی

جهت ایجاد حالت پایدار در پلیمرهایی مانند PP استفاده می‌شوند و مقدار آنها بیشتر از مقدار ترکیبات فنلی است ولی در هر حال نباید از ۰/۷۵ 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 تهیه PET با شلات کردن یونهای فلزی (که ممکن است به دلیل استفاده از کاتالیزور در 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. آنتی‌اکسیدانهایی هم وجود دارند که به صورت فوتوآنتی‌اکسیدان عمل می‌نمایند ولی استفاده از آنها در پلیمرهایی که در تماس با مواد غذایی هستند چندان زیاد نمی‌باشد و بیشتر در محصولات که توسط اشعه گاما استریل می‌گردند، کاربرد دارند.

چ- مواد جاذب نور ماوراءبنفش (UV absorbers)

پلیمرهای خطی قادر به جذب نور در ناحیه ماوراءبنفش نیستند و از این رو عبور نور و تأثیر آن بر پلیمر می‌تواند منجر به تجزیه آن شود. کاربرد تثبیت کننده‌های نوری (photostabilizers) جهت حفاظت مواد پلاستیکی در معرض مستقیم نور اجباری است و لازم است که هر دو نوع نور ماوراءبنفش A و B را جذب نماید و شامل مشتقات فنولی بنزوفنون، اکسامید و α -سیانواکریلات و در حد ۰/۲۵ تا ۰/۵ درصد می‌باشند.

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 اکستروژن کردن PVC، تشکیل اسید هیدروکلریک است که به تدریج تولید پیوندهای دو گانه کربن - کربن (C=C) می‌نماید که با جذب نور باعث بد رنگی PVC میشود. ترکیبات صابونی باریم، کلسیم و روی در حد ۱/۵ تا ۳ درصد در فرمول برای جلوگیری از بد رنگ شدن اضافه میشوند.

خ- آنتی اسیدها (antiacids)

از اجزاء بسیار مهم که به PA، PVC، PO و PET اضافه می‌شوند، آنتی اسیدها هستند که در حین فرآیند باعث حفظ ویسکوزیته پلی‌مر مذاب شده و در محصول 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 غیر آلی (اسید کربنیک)، استرهای اولئیک اسید، روغن‌های اپوکسی شده سویا، آفتابگردان و بزرک (flaxseed) می‌باشند. این مواد، اسیدهایی را که در حین فرآیند پلی‌اولفین‌ها به روش زیگلر تولید می‌شوند خنثی نموده، اثر روان‌سازی داشته و از تاثیر مخرب کشش به هنگام شکل‌دهی پلیمر می‌کاهند.

د- خشک‌کننده‌ها (dehydrating agents)

پلی‌اتیلن ترفتالات در حین ذوب شدن، تحت تاثیر محیط اسیدی و در حضور آب، هیدرولیز می‌گردد و لازم است میزان رطوبت در حد کمتر از ۰/۰۰۵ درصد باشد که می‌توان با افزودن bis (۲ و ۶ دی، tert بوتیل فنیل کاربودی آمید) این حالت را فراهم نمود..

ذ- ترکیبات ضد مه (anti fogging agent)

حفظ شفافیت بسته بویژه هنگامی که یک ماده غذایی حاوی رطوبت زیاد در آن قرار داده شده، دارای اهمیت بسیاری است. با توجه به اینکه استفاده از بسته‌های مشبک می‌تواند منجر به خشک شدن محصول/فراورده و یا پژمرده شدن آن شود، در بسته‌های مسدود استفاده از ترکیبات ضد مه مانند پلی (اکسی اتیلن) سوربیتان منو اولئات که فعالیت سطحی خوبی دارند، بخوبی موثر می‌باشد.

ر- رنگ‌ها

این دسته از مواد باعث ایجاد رنگ می‌شوند که این عمل را یا به دلیل ایجاد توجه بیشتر 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 دی‌اکسید تیتانیوم، 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 می گردد. این ترکیبات با جذب نور UV و سپس بازتاب آن به رنگ‌های بنفش یا آبی، تاثیر رنگ را بهتر می نمایند. از جمله این مواد می توان به مشتقات بنزوزازولها (benzoxazoles) و فنیل کومارین اشاره نمود.

ز- پرکننده‌ها و مقاوم سازها (fillers and reinforcing agents)

این مواد 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 (دی اکسید سیلیس) را می توان نام برد. این مواد باعث افزایش جرم شده، خواص مکانیکی مانند مقاومت به ضربه و خواص فیزیکی، مانند مقاومت به گرما و شعله را بهبود می بخشد. از الیاف شیشه، کربن و پلی استر هم برای افزایش استحکام ظروف بزرگ پلیمری استفاده می گردد.

ه- ساختار پلیمرها

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

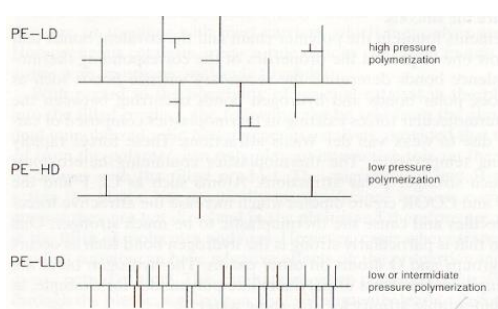
الف: زنجیره‌هایی که فقط از کربن شکل گرفته‌اند که ممکن است در طول خود بدون جایگزین بوده (مانند پلی اتیلن) و یا دارای یک یا چند جایگزین باشند (مانند پلی وینیل‌ها).

ب: زنجیره‌هایی که دارای اتم‌های متفاوتی مانند اکسیژن، نیتروژن، فسفر و گوگرد باشند. از این گروه می توان پلی آمیدها را نام برد.

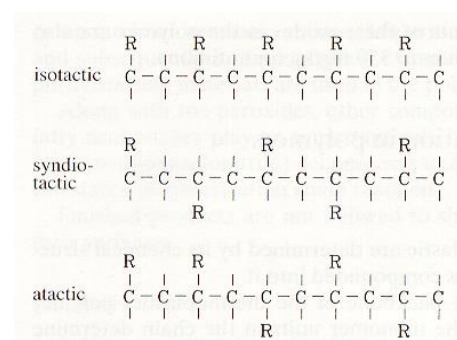
پ: زنجیره‌هایی که از اتم‌های متفاوتی تشکیل شده‌اند و از این گروه به سیلیکون‌ها می توان اشاره کرد.

عناصر موجود در زنجیره پلیمر و پیوندهای کثروالانس موجود بین آنها، در پیش‌بینی خواص یک ترموپلاستیک کمک بسیاری می نمایند. نیروهای بین مولکولی موجود در ترموپلاست‌ها می توانند 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. اگر هترو اتم‌ها در مولکول وجود داشته باشند پیوندهای قطبی قویتری تشکیل می‌شوند و باعث می‌گردند تا ترموپلاست مربوطه قویتر باشد. یکی از این پیوندهای، 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 جذب آب را 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 آتاکتیک (atactic) دیده می‌شود. پلی‌استیرن که از طریق پلی‌مریزه شدن رادیکالی بدست می‌آید، از نوع آتاکتیک 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 ۴). 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 ۵).



شکل ۵- نحوه انشعاب زنجیره در یک پلیمر



شکل های ۴ - آرایش فضایی زنجیره پلیمر

وجود زنجیره‌های جانبی و ساختار آتاکتیک (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، بطور مثال از طریق ایجاد اتصال‌های عرضی، امکان فرآیند پلیمر فراهم نخواهد شد و پلیمر ترموست بدست می‌آید که افزایش درجه حرارت بر شکست پیوندها تاثیری 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.

۶- 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 مشخص بوده و در همین رابطه است که نقطه ذوب و نقطه جوش تعریف می‌گردند. در حالت جامد مولکول‌های کوچک به صورت بلورهای منظم در کنار هم قرار دارند حال آنکه مولکول‌های بزرگ دارای ساختار نامنظم و بی‌شکل (amorph) هستند. یک تفاوت اساسی بین ماکرو مولکول‌ها و پلی‌مرها آن است که پلی‌مرها دارای ساختار توأم بی‌شکل و بلورین می‌باشند. در نواحی بی‌شکل پلیمرها، تغییر حالت 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 T_g glass transition و نقطه انجماد است (جدول ۳) در بالاتر از این درجه حرارت زنجیره پلیمری آزادانه حرکت نموده و پلیمر 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 T_g 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)، باعث بهبود خواص پلیمر می‌گردد.

جدول ۳- Tg و وزن مخصوص پلیمرهای 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 مثال در این زمینه پلی‌اتیلن، پلی‌تترافلورواتیلن و رزین‌های آستالی است. 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.

۷- 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 ۰/۹ تا ۱/۴ گرم بر سانتی متر مکعب است که اگر با وزن مخصوص شیشه $2/6 \text{ g/cm}^3$ ، آلومینیوم $2/7 \text{ g/cm}^3$ ، سلفان پوشیده شده با پلیمر $1/5 \text{ g/cm}^3$ و فولاد 8 g/cm^3 مقایسه شود، مزیت نسبی آن مشخص می گردد. گرچه فولاد و شیشه از نسبت قابلیت به کشش بالاتری برخوردار هستند، اما باید توجه نمود که در مورد شیشه برای مقابله با شکستگی، ضخامت فراتر از حد مورد نیاز باید در نظر گرفته شود و در مورد فلزات نیز همین امر برای جلوگیری از خم شدن ورق فلزی مورد ملاحظه قرار می گیرد

ب: مقاومت به شکستگی:

در این زمینه برتر از شیشه بوده و روز به روز جای شیشه را می گیرند.

پ: سهولت در بندی:

با فرآیند حرارتی، میتوان لبه های یک پوشش پلاستیکی را به یکدیگر چسباند. از همین خاصیت در مواردی که پوشش قابلیت بهم چسبیدن حرارتی را ندارد (کاغذ و آلومینیوم) به شکل روکش استفاده می گردد.

ت: انعطاف پذیری به هنگام ساخت:

مواد پلاستیکی را براحتی می توان به صورت انواع لایه ها و ظروف شکل داد.

ث: نفوذ ناپذیری به اکسیژن و بخار آب:

بسیاری از مواد غذایی نسبت به اکسیژن و بخار آب حساس هستند که در این زمینه به ترتیب به روغن و فراورده ایی مانند کراکر می توان اشاره نمود. هرچند شیشه، فولاد و آلومینیوم بطور کامل به گاز و بخار آب نفوذ ناپذیرند، اما برخی پلیمرها با فاصله بسیار اندک پس از آنها قرار می گیرند. استفاده از چند لایه پلیمری این ویژگی را به شدت بهبود می بخشد.

ج: حفاظت در مقابل بو:

با جلوگیری از عبور بو خصوصاً در ضخامت های بالا و لایه دار، محصول/فراورده را از آلوده شدن به بوهای نامطبوع حفظ می کند.

ج: چاپ پذیری:

گرچه مانند کاغذ نیست، اما در مقایسه با کاغذ به تیمارهای اولیه کمتری نیاز دارد ارزانتر خواهد بود.

ح: پوشش دهی بسیار خوب به لایه‌های فلزی:

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

خ: عدم تأثیر بر عطر و بو:

در مواردی که در تماس مستقیم با ماده غذایی هستند دارای اهمیت زیادی است. البته در مواردی مانند

استفاده از پلی‌اولئوفین‌ها (PO)، مواد معطره موجود در عصاره‌ها از جمله عصاره پرتقال جذب پلیمر می‌گردد.

د: مقاومت به پارگی و سوراخ شدن:

باعث شده است تا برتری بالایی نسبت به کاغذ و آلومینیوم داشته باشد. ضمن آنکه در زمینه مقاومت به تا

خوردن‌های متوالی (flex life) هم دارای ارجحیت نسبت به آلومینیوم هستند.

ذ: امکان کنترل فضای بسته:

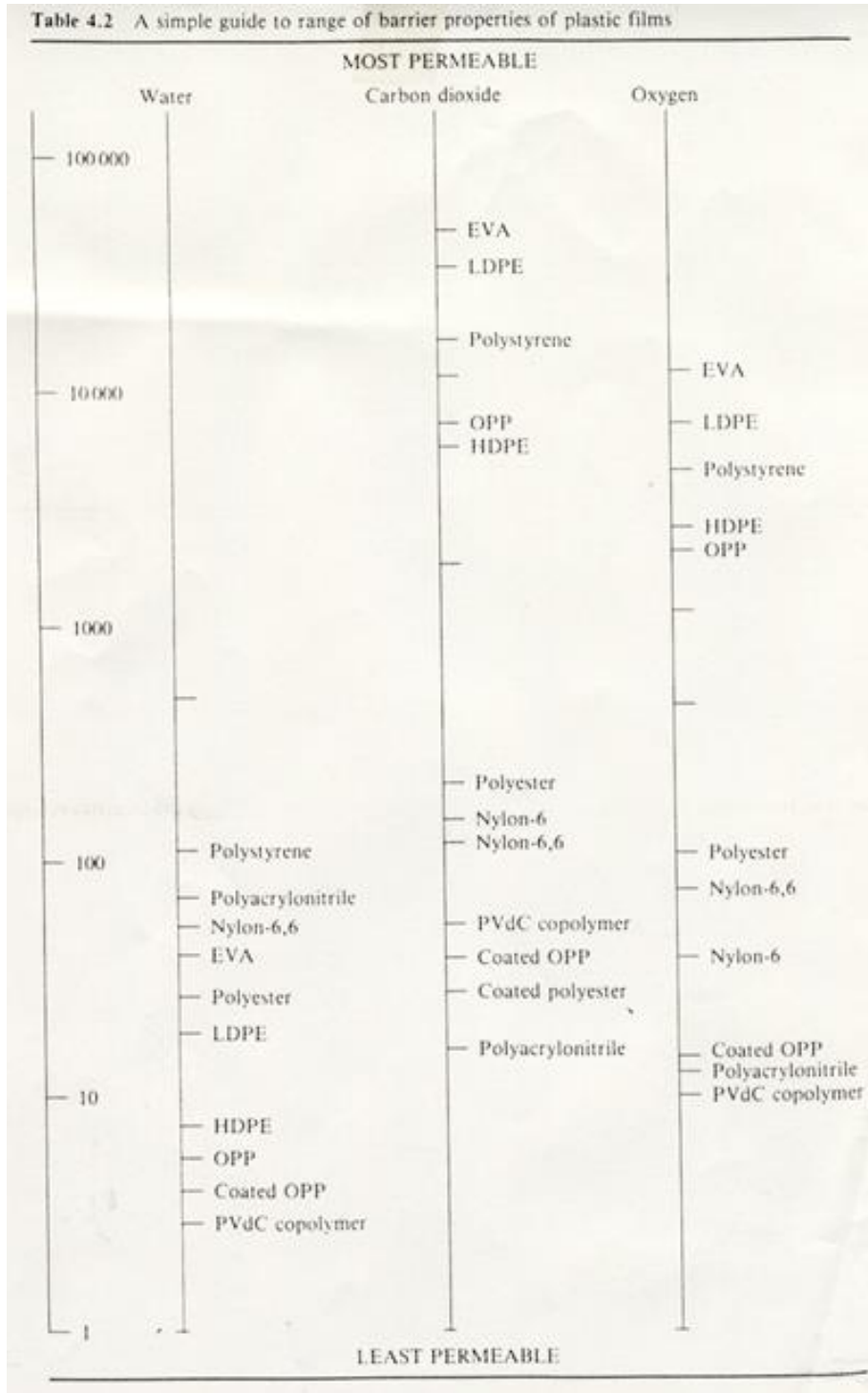
پلیمرها تا حدودی به گازها نفوذپذیری دارند که نقش مثبتی در استفاده از آنها جهت بسته‌بندی محصولات

دارای تنفس بالا پس از برداشت، دارد. شکل ۶ نفوذ پذیری/ناپذیری تعدادی پلیمر را نشان می‌دهد.

ر: انعطاف پذیری در درجه حرارت‌های پائین:

برخلاف سلوفان که در دمای کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد شکننده می‌شود، به سرما مقاوم است.

Table 4.2 A simple guide to range of barrier properties of plastic films



شکل ۶- نمایی از دامنه خواص ممانعتی لایه های پلیمری مورد استفاده در صنعت بسته بندی نسبت به آب، دی کسید کربن و اکسیژن

ز: امکان کنترل نور و ظاهر بسته:

لایه‌های پلیمری ممکن است 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 استفاده نمود و در مواردی که محتوا به نور حساس است، با استفاده از رنگیزه مناسب می‌توان مانع از عبور نور شد.

ژ: **(Tg) glass transition temperature**

یعنی درجه حرارتی که در آن رزین‌های ترموپلاست از حالت شکننده به حالت نرم و لاستیکی تغییر می‌کنند. پلیمرهایی که دارای T_g پائین هستند در درجه حرارت‌های پائین سفت ولی قابل انعطاف می‌باشند و آنهایی که دارای T_g بالا باشند در درجه حرارت یخچال شکننده بوده ولی مقاومت بهتری نسبت به درجه حرارت‌های بالا دارند.

۷- انواع پلاستیک‌ها

ترموپلاست‌ها

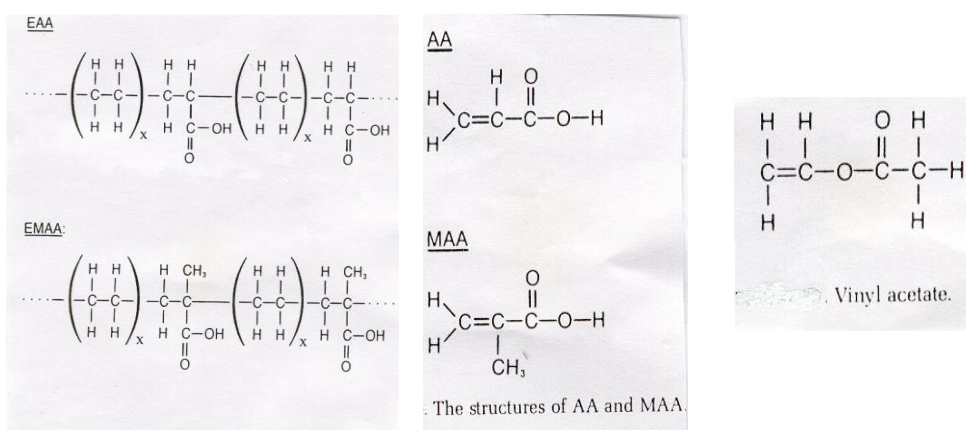
الف: پلی اتیلن

پرمصرف‌ترین پلاستیک به شمار می‌آید که تولید آن در سال ۲۰۲۱ بالغ بر ۱۴۵ میلیون تن بوده است که از این مقدار، ۶۰ میلیون تن از نوع پلی اتیلن سبک (LDPE)، ۲۵ میلیون تن از نوع خطی سبک (LLDPE) و بقیه پلی اتیلن سنگین (HDPE) بوده است. تولید آن از سال ۱۹۳۶ با استفاده از فرآیند پلیمریزه کردن واحدهای اتیلنی در فشار بالا آغاز گردید. نوع سبک آن دارای وزن مخصوص ۰/۹۱۵ تا ۰/۹۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. تولید HDPE از سال ۱۹۵۳ و در فشار پائین و با روشی که زیگلر ابداع نمود یعنی استفاده از کاتالیزورهای فلزی شروع شد. دانسیته آن ۰/۹۴۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد ولی انواع دیگری با وزن مخصوص بالاتر (۰/۹۶) نیز تولید شده است. با افزودن مقادیر کمی پروپن، ۱- بوتن، ۱- هگزن و یا ۱- اکتن (شکل ۴) 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 پلی اتیلن بسیار سبک

(VLDPE) وزن مخصوص به ۰/۹ گرم بر سانتی متر 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 (۰/۹۸). پلی‌اتیلن، ترموپلاستی مومی شکل است که در دمای ۸۰ تا ۱۳۰ 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 بر راحتی و توسط حرارت، درز بندی 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 بدلیل تبلور بیشتر می‌باشد. نفوذپذیری HDPE به گازها حدود ۱/۵ پلی‌اتیلن سبک است. همزمان مقاومت به ضربه، مقاومت به شکنندگی، مقاومت در برابر سرما و بالاخره شفافیت آن کاهش خواهد یافت. از آنجا که پلی‌اتیلن یک پلیمر هیدروکربنی متبلور است بنابراین در درجه حرارت اتاق هیچ نوع حلالی قادر به حل نمودن آن نمی‌باشد. فرآیند پلی‌اتیلن در درجه حرارت‌های ۱۵۰ تا ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود ولی در مواردی مانند انجام روکش بر روی کاغذ، درجه حرارت به ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد نیز می‌رسد. پلی‌اتیلن در این درجه حرارت‌ها و در اتمسفر خنثی، بسیار با ثبات است اما در این شرایط باید 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.

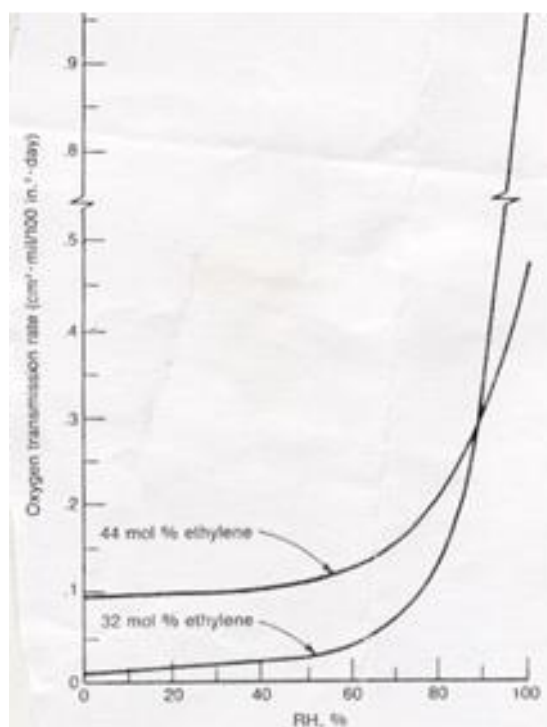
به منظور تثبیت بهتر جوهر چاپ بر روی سطح پلی‌اتیلن، اکسید شدن سطح ضروری است. این عمل یا از طریق شعله و یا تیمار هاله‌ای (corona treatment یا coronation) انجام می‌شود. در حین این عمل و تحت تأثیر

فرآیند اکسید شدن، بوی نامطبوعی تولید می‌گردد که بدلیل وجود کتون‌ها و آلدئیدها است. از پلی‌اتیلن سبک به صورت لایه‌هایی با ضخامت ۱۵ تا ۲۵۰ 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 لایه‌های 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 شده است. 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 کopolیمرهای آن همراه با وینیل استات (VA)، اکریلیک اسید (AA) و متا‌اکریلیک اسید (MAA) (شکل ۷)، 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 بسته‌بندی 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.



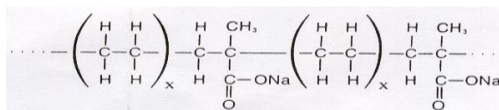
شکل ۷- کopolیمرهای وینیل استات، اکریلیک اسید و متا‌اکریلیک اسید و ترکیب آنها با اتیلن

اتیلن وینیل استات از آنجا که دارای هر دو خاصیت قطبی و غیرقطبی به صورت هم زمان 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 ۵ تا ۱۵ 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 ۳۰ تا ۴۵ 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 ۶۰ درصد نفوذناپذیری خوبی نسبت به اکسیژن دارد ولی پس از آن این ویژگی به شدت کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش میزان اتیلن در پلیمر، نفوذناپذیری کم می‌شود (شکل ۸).



شکل ۸- تاثیر مقدار اتیلن در EVOH بر نفوذ پذیری آن به اکسیژن در رطوبت‌های نسبی متفاوت

از دیگر کوپلیمرهای اتیلن، یونومرها (Ionomers) را می‌توان نام برد. این مواد که پلیمرهایی با گروه‌های کربوکسیل یونیزه شده هستند (مانند EMAA)، اگر با ترکیباتی از منیزیم، روی، کلسیم و یا سدیم (یا استات منیزیم) ترکیب شوند، اتم هیدروژن عامل کربوکسیل با عنصر فلزی جایگزین می‌گردد (شکل ۹).

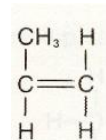
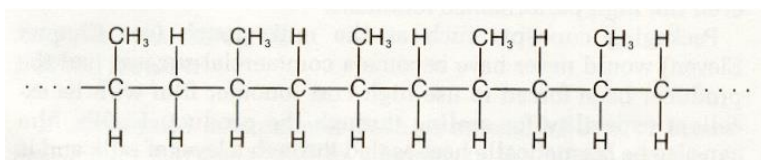


شکل ۹- یونومر سدیم

به این ترتیب پلیمری بدست می‌آید 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. یونومرها 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 ۳/۵ درصد است و در صورتیکه همراه با اتیلن، پروپیلن و بوتیلن باشد، می‌توان از آن بطور مستقیم در تماس با مواد غذایی استفاده کرد.

ب: پلی پروپیلن (PP)

با تولید ۳۸ میلیون تن در سال ۲۰۱۸، سومین پلاستیک تولیدی در جهان پس از پلی اتیلن و پلی وینیل کلراید بوده است پلی پروپیلن از یک زنجیره خطی هیدروکربوری ساخته شده و بنابراین خواص آن شبیه به پلی اتیلن



است

شکل ۱۰- منومر پروپیلن و پلی پروپیلن

اغلب فرم ایزوتاکتیک آن تولید می‌گردد (شکل ۱۰) 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 ۰/۹ تا ۰/۹۱ گرم بر سانتی‌متر

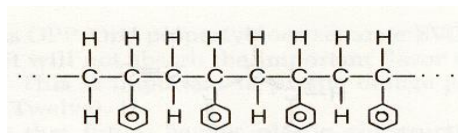
مکعب می‌باشد. نقطه ذوب نوع خالص آن ۱۷۶ درجه سانتی‌گراد ولی محصول تجارتي در دامنه ۱۶۰ تا ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شود که از درجه حرارت حدود ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد آغاز می‌شود و بسیار بالاتر از نقطه ذوب پلی‌اتیلن می‌باشد. ثبات شیمیایی آن شبیه به پلی‌اتیلن سنگین بوده و در درجه حرارتهای بالا در هیدروکربورهای کلرینه حل می‌شود. به دلیل وجود اتم‌های کربن نوع سوم (CH_2) 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 مواد غذایی 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 بویژه در محل لبه‌های بهم چسبیده توسط حرارت افزایش یابد. پلی‌پروپیلین 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 گرم‌گرم وارد بطری می‌شوند استفاده نمود. پلی‌پروپیلین را می‌توان از دو جهت کشید (biaxially orientation) که در این حالت خواص آن بهبود می‌یابد. البته این عمل با مشکلی نیز روبرو است و آن عدم اتصال مناسب لبه‌های فیلم جهت داده شده توسط حرارت می‌باشد که برای رفع آن، فیلم 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 ۱ میکرومتر دست یافت. در صورتی که هدف استفاده از PP در فرآورده‌های غذایی حساس باشد، می‌توان آن را با پلی‌وینیلیدن کلراید و یا پلی‌وینیل استات، EVA، LDPE و ... پوشش داد. پلیمرهای ترکیبی اخیر توانسته‌اند در سالهای اخیر به خوبی جای سلفون 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 درهایی ساخت که حالت مفصلی و لولایی دارند. (شکل ۱۲).



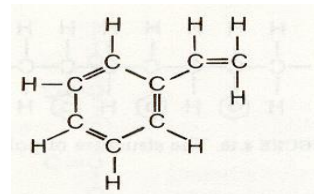
شکل ۱۲- در لولایی مخصوص شربت شکلاتی تهیه شده از پلی پروپیلن

پ: پلی استیرن (PS)

از پلیمریزه کردن واحدهای استیرن بدست می آید (شکل ۱۳ الف و ب) و زنجیره پلیمری با وزن مولکولی بین ۴۰۰۰ تا ۲۲۰۰۰۰ دالتون بدست می آید و می توان آن را در درجه حرارت ۱۵۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی گراد فرآیند و شکل دهی نمود. محصولات حاصل از آن سخت، شفاف و براق بوده و به بسیاری از مواد شیمیایی مقاوم می باشند. مشکل عمده این پلی مر، شکننده بودن آن است. از آنجا که نفوذپذیری آن به گاز و بخارها بسیار زیاد است، از آن برای بسته بندی فراورده هایی مانند ماست، بستنی، پنیر، خامه و قارچ که عمر نگهداری کوتاهی آن هم در یخچال داشته، و چربی کمی دارند، استفاده می شود. پلی استیرن مقدار ناچیزی از رطوبت را جذب می نماید اما تحمل آب جوش را نداشته و نرم می گردد.



شکل ۱۳ (ب)- پلیمر پلی استیرن



شکل ۱۳ (الف)- منومر استیرن

از آن می توان برای جداسازی میوه های تازه، تخم مرغ و برخی انواع شیرینی استفاده کرد. نقطه ذوب این پلیمر حدود ۸۸ درجه سانتی گراد است. پلی استیرن دارای شفافیت خوبی است از آن می توان به عنوان پنجره در بسته (مانند فراورده های pasta) استفاده کرد (شکل ۱۴). لایه PS، نفوذناپذیری ناچیزی به رطوبت و گازها دارند.



شکل ۱۴- پنجره شفاف از جنس PS جهت نمایش محتوای بسته لازانیا

کوپلیمریزه کردن آن با بوتادیان، مقاومت آن را به ضربه افزایش می دهد و تولید محصولی را می نماید که به آن پلی استیرین مقاوم به ضربه (high impact poly styrene, HIPS) می گویند. پلی استیرین در هیدروکربورهای هالوژنه، اترها، استرها و کتون ها حل می شود ولی نسبت به محلول نمک ها، بازها و محلول های رقیق اسیدی مقاومت از خود نشان می دهد. در حضور اکسیژن و تحت تاثیر نور UV، به رنگ زرد در آمده و شکننده می شود. امروزه از آن به شکل گسترده ای برای تهیه لیوان های و ظروف یکبار مصرف استفاده می گردد. یکی دیگر از کوپلیمرهای آن، استیرین-اکریلونیتریل (SAN) است که خواص بهتری در رابطه با مقاومت به روغن ها و چربیها و عطر و بو نسبت به PS دارد. یکی از کوپلیمرهای آن که توجه زیادی را به خود جلب نمود ترکیب **اکریلونیتریل-بوتادیان-استیرین (ABS)** است که نسبت به بسیاری از مواد شیمیایی مقاوم بوده، مقاومت بسیار خوبی نسبت به سرما دارد و بالاخره با افزودن حدود ۶ درصد هیدروکربورهای با وزن مولکولی کم، برای مثال پنتان و یا هگزان می توان آن را به صورت کف مانند در آورد. این ساختار کف مانند ولی محکم که «**پلی استیرین گسترش یافته (extended polystyrene, EPS)**» نامیده می شود، دارای دانسیته پائینی بوده و کاربرد آن در بسته بندی تخم مرغ (شکل ۱۵) و ظروف (سینی) مخصوص گوشت قرمز و یا سفید می باشد. EPS

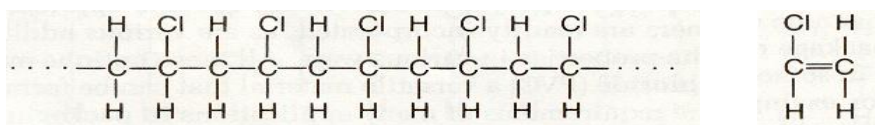
نفوذناپذیری ناچیزی به گازها دارد و در صورتی که بسته نیاز به محافظت در مقابل گازها داشته باشد، استفاده از یک لایه مناسب ضروری است.



شکل ۱۵- شانه تخم مرغ از جنس EPS

ت: پلی وینیل کلراید (PVC)

تولید وینیل کلراید و تشکیل پلیمر از آن حدود ۱۵۰ سال قبل شناخته شد. پلیمریزه کردن وینیل کلراید (شکل ۱۶) در درجه حرارت‌های 80°C - 40°C انجام گرفته و منومرهای وینیل کلراید که مانند اتیلن و پروپیلن دارای باندهای دوگانه هستند، شکسته شده و پشت سر هم قرار می‌گیرند. با وجود آنکه PVC دومین پلاستیک مصرفی در جهان به شمار می‌آید اما در خالص‌ترین شکل خود، از ثبات برخوردار نیست و به همین دلیل شکل گسترده‌ای از تثبیت کننده در تهیه آن به استفاده می‌گردد. تا سال ۱۹۷۱ میزان تولید آن با پلی اتیلن برابری می‌نمود، اما از این سال به بعد، به دلیل اثر زیانبار بر سلامتی، کاهش محسوسی در تولید آن ایجاد شد. میزان مجاز منومر وینیل کلراید باقیمانده در پلیمر که عامل خطرناک به حساب می‌آید به یک ppm رسیده است، و اکنون در بسیاری از موارد پلی پروپیلن جایگزین شده است.



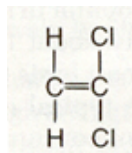
شکل ۱۶- وینیل کلراید و پلی وینیل کلراید

PVC نسبت به ترکیبات غیرقطبی و بسیار قطبی مقاوم است، اما در ترکیباتی که دارای قطبیت متوسط هستند مانند سایکلو هگزان، دی‌متیل فرمالدئید و استون متورم شده و سپس حل می‌شود که می‌تواند ناشی از تا حدودی

قطبی بودن این پلیمر باشد. از آنجا که حالت شکننده دارد، از نرم کننده‌ها (plasticizers) 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 وجود دارد. همچنین به مرور زمان، نرم کننده‌ها 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 مواد غذایی وجود دارد. مزیت نسبی آن، ارزان قیمت بودن آن است.

ث: پلی‌وینیلیدن کلراید (PVDC)

از پلیمریزه نمودن وینیلیدن کلراید (شکل ۱۷) بدست می‌آید. دارای خواص ممانعتی عالی و استثنایی است و این بدلیل 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 ۷۳ درصد است و باعث شده تا وزن مخصوص آن زیاد و بین g/cm^3 ۱/۸-۱/۹۷ 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 ۲۵ تا ۷۵ میکرومتر استفاده می‌شود. ساران (Saran) یکی از محصولات تجاری و مشهور این پلیمر است که از کوپلیمریزه کردن PVDC و PVC بدست می‌آید و بسیار شفاف، نرم، قوی و با خواص ممانعتی بسیار خوب است و خاصیت cling (خود چسبی لبه‌ها بدون استفاده از حرارت) را به خوبی داراست.



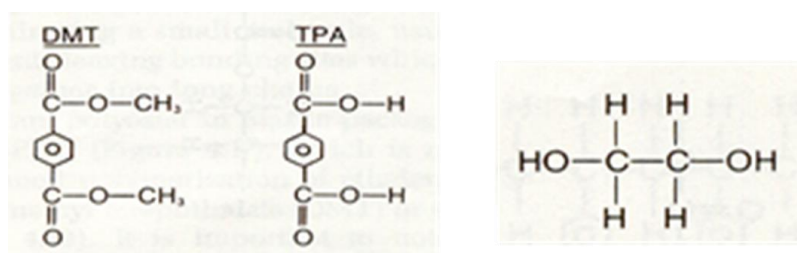
شکل ۱۷- وینیلیدن کلراید

ج: پلی‌استرها

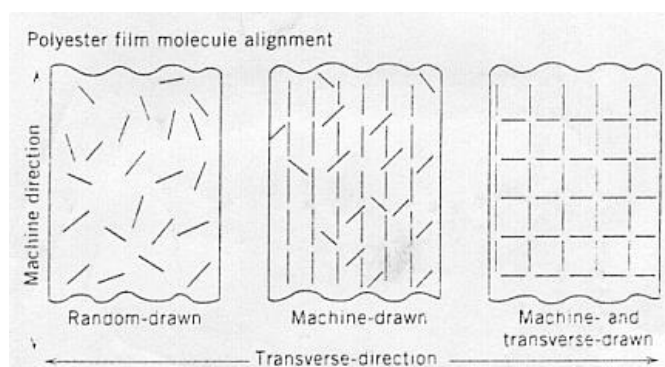
پلیمری است که به روش کندانس تولید می‌گردد. از انواع این دسته می‌توان به پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) و پلی‌بوتیلن ترفتالات (PBT) اشاره نمود. تولید آن در سال ۲۰۲۰ به جز آنچه در مورد الیاف بکار رفته، حدود ۲۴

میلیون تن بوده است. از ترکیبات متعددی همچون ترفتالیک اسید، ایزوفتالیک اسید، ادیپیک اسید، سباسیک اسید، اتیلن گلیکول، بوتان دی ال و تری فتالیک اسید متیل استر، جهت ساخت ظروف و لایه‌های در تماس با مواد غذایی می‌توان استفاده نمود. پلی‌استرها ترکیباتی خطی و اشباع هستند که از طریق پیوند بین اتیلن گلیکول و دی متیل ترفتالات (DMT) و یا تری فتالیک اسید (TPA) (شکل ۱۸) بدست می‌آیند. این ترموپلاست در درجه حرارت‌های پائین نسبت به ضربه و فرسایش سطحی مقاوم بوده، خواص ممانعتی خوبی نسبت به گازها، عطر و طعم و چربی دارد و تنها نقطه ضعف آن، عبور بخار آب هرچند به مقدار بسیار ناچیز می‌باشد. پلی‌استر را همانند پروپیلن می‌توان از دو جهت کشید (biaxially orientation) که در این حالت شفافیت و ویژگی ممانعتی آن زیادتر خواهد شد (شکل ۱۹).

شکل ۱۸- اتیلن گلیکول، دی متیل، تری فتالات (DMT) و تری فتالیک اسید (TPA)



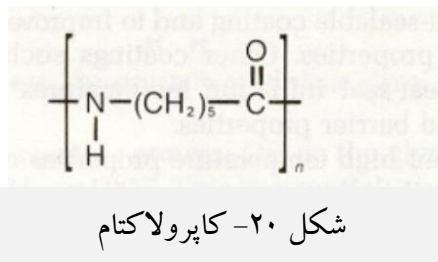
لایه‌هایی با ضخامت ۱۲ میکرومتر که بوسیله جهت دادن (orientation) بدست آمده‌اند در میان سایر لایه‌ها جهت افزایش خواص ممانعتی بکار می‌رود. اگر ظروف مقوایی با لایه‌ای از PET یا PBT پوشش داده شود می‌توان از آن حتی در فرهای معمولی تا دردمای ۲۲۰ درجه سانتی گراد استفاده نمود. بیشترین کاربرد پلیمر در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی ساخت بطری‌های نوشیدنی (نوشابه، ماء‌الشعیر، آب) و روغن می‌باشد.



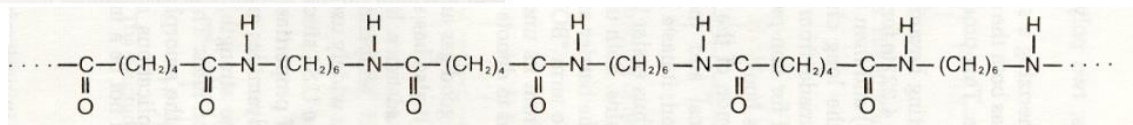
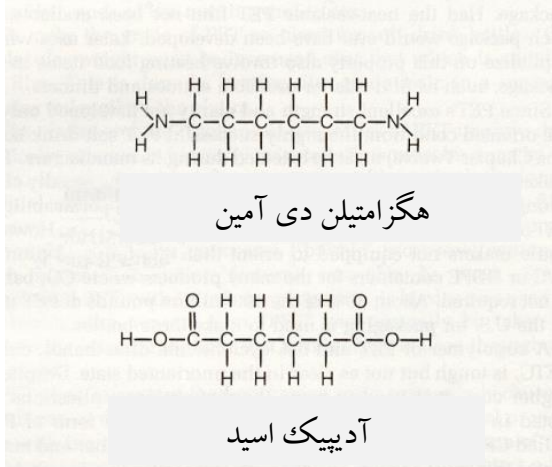
شکل ۱۹- تاثیر "جهت دهی دو طرفه" بر ساختار درونی پلیمر (پلی‌استر)

چ: پلی آمیدها (PA)

به دسته ای از رزین ها که از طریق پلیمریزه کردن کندانسی یک اسید آلی با یک آمین تهیه می شوند، اطلاق میشود و به نام تجاری نایلون (nylon) مشهور هستند. تعداد اتم های کربن موجود در منومرهای آن، بصورت یک کد برای تشخیص پلی آمیدها از یکدیگر بکار می رود. در صورتی که تهیه نایلون از طریق پلیمریزه نمودن کاپرولاکتام انجام شود، نایلون تولیدی از نوع ۶ خواهد بود.



نایلون ۶ و ۶ به پلی آمیدی اطلاق می گردد که از ترکیب آدیپیک اسید و هگزامتیلن دی آمین که **هریک** دارای ۶ اتم کربن هستند بوجود آمده است. (شکل ۲۱).



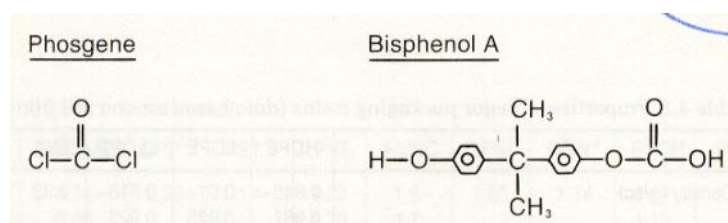
شکل ۲۱- نایلون ۶ و ۶ و اجزای آن

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

هرچند خواص ممانعتی خوبی در مقابل گازها و عطر و بو دارد، اما نفوذناپذیری آن در مقابل آب و بخار آن چندان زیاد نمی‌باشد. این پلیمر را نیز می‌توان به صورت «جهت داده شده» تهیه نمود که باعث افزایش خواص مکانیکی و نفوذناپذیری خواهد شد. بدلیل **نفوذپذیری خوب به رطوبت و بخار آب**، از آن برای پوشش خمیر فرآورده‌های گوشتی (farsh) در فرآورده‌هایی چون سوسیس می‌توان استفاده نمود. بیشترین کاربرد را در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی در فیلم‌های چند لایه دارد. همچنین در فرآورده‌هایی که باید تحت خلا یا گاز خنثی نگهداری شوند، مانند قهوه و شیر خشک، می‌توان از این پلیمر همراه با لایه PE (به صورت کوپلیمر) استفاده نمود. در بسته‌هایی که تحت عنوان «bag-in-a-box» به بازار عرضه می‌شوند (آب میوه‌ها) کیسه داخلی از جنس پلی‌آمید همراه با لایه‌های دیگر است.

ح: پلی کربنات (PC)

از پلیمرهای گران قیمت است که از ترکیب فسژن (phosgene) و بیسفنل (bisphenol) بدست می‌آید (شکل ۲۲) و از استحکام و مقاومت بسیار بالایی برخوردار است و درجه حرارت تا ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد را به خوبی تحمل می‌نماید. پلی کربنات از پلیمرهای بی‌شکل (amorph) است و بنابراین نیازی به «جهت‌دهی» ندارد. در مقایسه با سایر پلیمرها نفوذپذیری آن به گازها و رطوبت بالا می‌باشد و باید با سایر پلیمرها به صورت چند لایه کنار هم، استفاده شود. ظروف ساخته شده از آن را می‌توان حتی استریل نمود. جدول ۴ خصوصیات تعدادی از فیلم‌های پلیمری را نشان می‌دهد.



شکل ۲۲- فسژن و بیسفنل A

ط: سایر ترموپلاست‌ها:

این دسته شامل پلی‌متیل متا‌اکریل (PMMA)، پلی‌اکسید متیلن (POM)، پلی‌سولفون (PSU)، پلی‌اتر سولفون (PES)، پلی‌تترافلورواتیلن (PTFE) هستند که از قیمت بالایی برخوردار بوده و در مقایسه با سایر پلیمرها کاربرد کمتری در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی دارند.

«ترموست‌ها»

از این دسته رزین‌های فنلی (PF)، رزین‌های اوره-فرمالدئید (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 (لاک قوطی) کاربرد دارند. جدول ۴ خصوصیات تعدادی از فیلم‌های پلیمری را نشان می‌دهد.

جدول ۴ خصوصیات ممانعتی و مکانیکی تعدادی از پلیمرهای سنتزی

	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 (m ² /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	—	800-1600
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/100in ² -day) at 100°F & 90% RH	0.4	1-2	1-2	2-3	1.5-2	0.4	1-1.5	2-30	0.05-0.3	7-10	10	3-6	12
O ₂ Permeability (cc/100in ² -day-atm) at 77°F & 0% RH	100-200	500	450-600	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 (%)	—	65	—	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

ضخامت پلیمرها:

بیش از نیمی از پلاستیک‌های ترموپلاست تولید شده در جهان به صورت لایه‌های نازک (۴۵ درصد) و

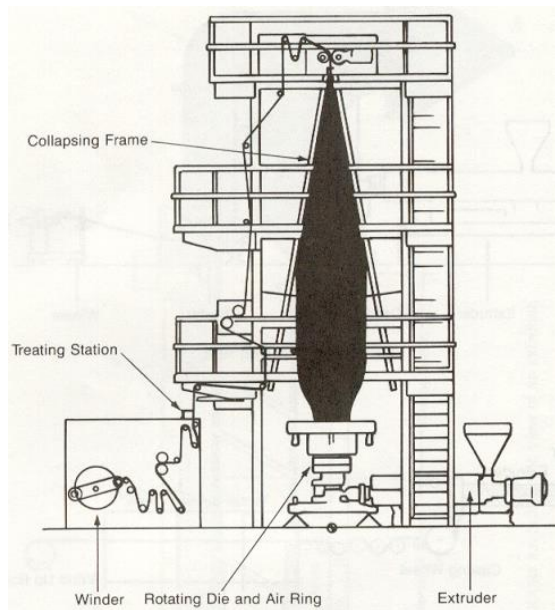
یا صفحات (۵ درصد) در می‌آید. هرگاه ضخامت پلی‌مر از ۱۵ میل (mil) که برابر با ۰/۰۱۵ اینچ (۳۷۵)

میکرومتر) است کمتر باشد، پلی مر را لایه یا فیلم و اگر ضخامت فراتر از ۱۵ میل باشد، آن را صفحه (sheet) می نامند. ضخامت صفحات را بر حسب میل بیان کرده حال آنکه ضخامت لایه (film) بر حسب gauge اعلام می گردد. یک gauge برابر با $0/00001$ اینچ است. هر 100 gauge (ga) برابر با 1 میل و یا $0/001$ اینچ (۲۵ میکرومتر) خواهد بود. در سیستم متریک صفحات بر حسب میلی متر و لایه ها بر حسب میکرون تعیین ضخامت میگردند. در این حالت هر یک میل برابر با ۲۵ میکرون خواهد بود. (۱ میکرون برابر با 10^{-6} متر است).

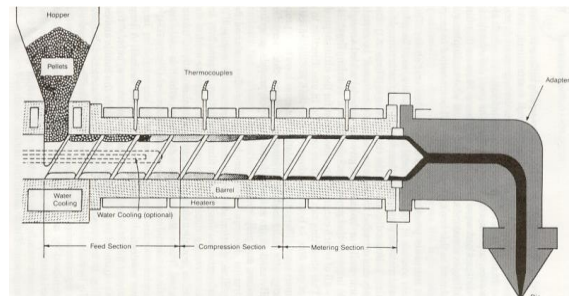
۱۰- شکل دهی پلی مرها

پلیمرها را در کل به دو صورت لایه (یا صفحه) و ظروف می توان شکل دهی نمود. برای تولید لایه یا صفحه از اکسترودر استفاده می شود. این وسیله شامل یک میله حلزونی شکل است که در درون یک بخش استوانه ای شکل حرکت دورانی دارد و با مخلوط نمودن و فشار باعث ذوب شدن پلیمر می گردد. پلیمر مذاب سپس با فشار از قالب (die) خارج می گردد (شکل ۲۳) که می توان 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 می تواند بصورت حلقوی یا شیاری باشد. در قالب های شیاری یا تیغه ایی بر حسب عرض مورد نیاز پلیمر مذاب به صورت لایه در می آید و همزمان می توان عمل coronation را هم بر روی پلیمر انجام داد تا آماده چاپ شود. از قالب های حلقوی بیشتر در زمانیکه لایه های پلیمری با عرض زیاد لازم هستند، استفاده می گردد. در این حالت قالب، استوانه ایی از پلیمر مذاب را به کمک اکسترودر و جریان هوا به شکل یک حباب بزرگ تولید می کند. این حباب از طول توسط فشار هوا و از طرفین توسط غلطک های کناری کشیده می شود تا بدین ترتیب از ضخامت آن کاسته شود (شکل ۲۴). در این حالت می توان به «جهت دهی» 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 قسمت ها یکسان نیست، بنابراین کل این سیستم به صورت منظم بدور خود گردش می نماید تا بدین ترتیب هر نوع تفاوت ضخامت به صورت یکسان بر روی غلطک جمع کننده، ظاهر شود. سطح لایه های تولید شده را می توان به طرق

مختلف تیمار نمود. از جمله این روشها، اکسید کردن سطح است که یا با استفاده از جرقه الکتریکی و یا شعله (coronation) انجام می شود. متالیزه کردن سطح در خلا نیز از دیگر روشهای معمول است که می تواند خواص



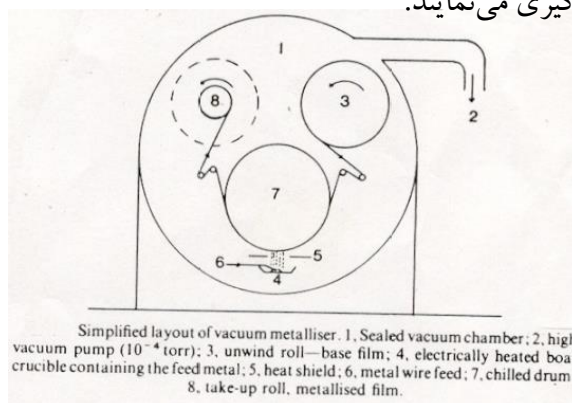
ممانعتی را بهبود محسوسی بخشد.



شکل های ۲۳ (راست) و ۲۴ (چپ) - اکسترودرهای دارای قالب تیغه ای و قالب حلقوی

لایه های متالیزه

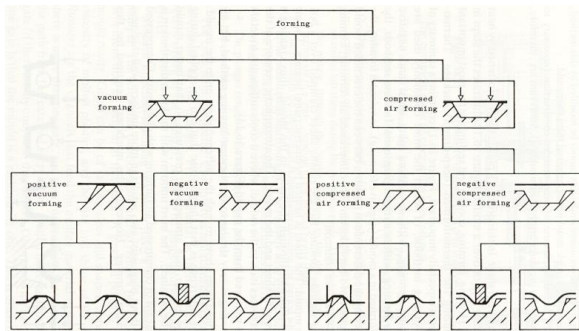
برای تهیه این نوع لایه در یک محفظه دارای خلا، لایه در مجاورت بخار آلومینیوم قرار داده می شود تا لایه نازکی از آلومینیوم بر روی سطح لایه پلیمری خواهد نشست. (شکل ۲۵) این نوع لایه ها (metallized) صرف از نظر درخشندگی و سطح براق، از عبور نور نیز جلوگیری می نمایند.



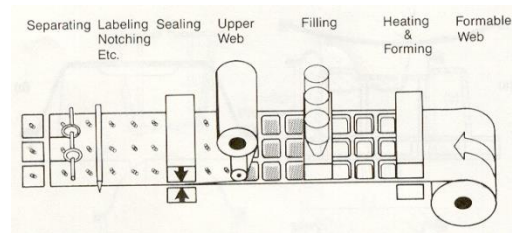
شکل ۲۵ - متالیزه کردن ورق پلیمری یا کاغذی در خلا

لایه های ضخیم یا صفحات را به کمک حرارت می توان به شکل دلخواه در آورد. در این حالت ابتدا صفحات گرم شده و سپس با فشار به درون یک قالب سرد رانده می گردد. جهت اعمال فشار می توان از فشار هوا، نیروی

خلاء (فشار معکوس) و یا سمبه استفاده کرد (شکل ۲۶). از این روش می توان روی خط تولید و کمی قبل از



دستگاه پرکن نیز استفاده نمود (شکل ۲۷).



شکل های ۲۶ و ۲۷- شکل دهی به لایه های پلی مری با استفاده از حرارت و خلا

همانگونه که ذکر شد، پلیمرها که به صورت گرانول یا پودر هستند را می توان به صورت ظروف نیز در درآورد.

در این زمینه از دو روش قالب گیری تزریقی و یا قالب گیری به کمک فشار هوا استفاده می گردد. در روش اول

(شکل ۲۸) اکسترودر، پلی مر مذاب را به درون یک قالب سرد که به شکل ظرف مورد نظر است تزریق می نماید.

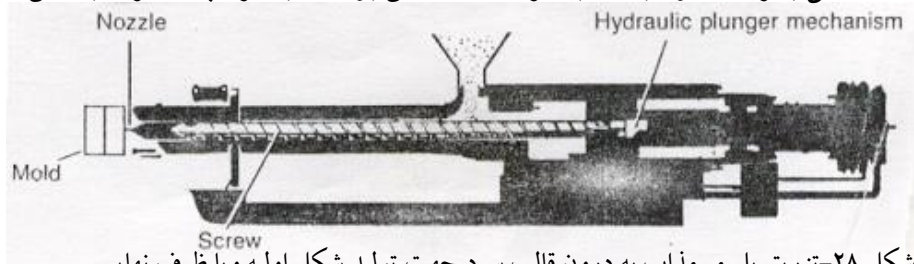
در روش دوم که بسیار شبیه به تهیه ظروف شیشه ای دهانه تنگ است، ابتدا توسط روش تزریقی یک

شکل اولیه (شکل ۲۹) از ظرف مورد نظر (parison) تولید می شود و سپس پس از گرم شدن به درون یک قالب

فرستاده می گردد و در آنجا با فشار هوا شکل نهایی را به خود می گیرد. (شکل ۳۰) با این عمل نوعی

orientation نیز صورت می گیرد. آزمایشات نشان داده است که جذب مواد معطره و یا حتی رنگ در

قسمت های استوانه ای شکل بطریهای نوشابه که بیشتر تحت کشش بوده اند به مراتب کمتر از بخش تحتانی آن

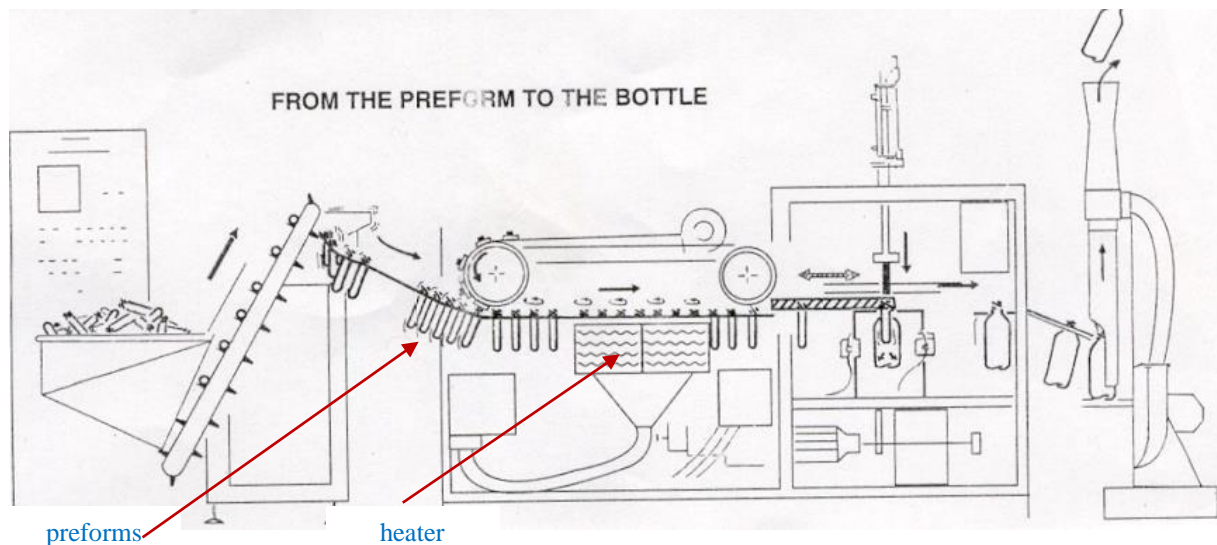


است.

شکل ۲۸- تزریق پلی مر مذاب به درون قالب سرد جهت تولید شکل اولیه و یا ظرف نهایی

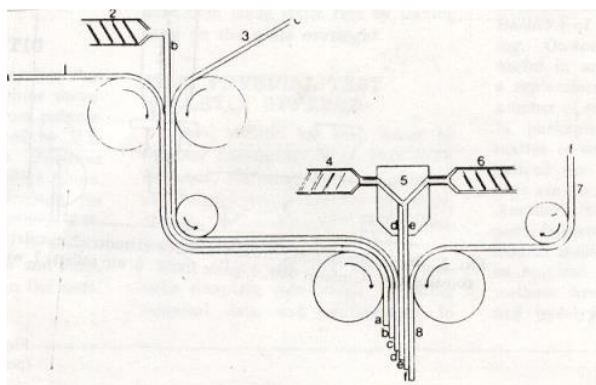


شکل ۲۹- تهیه parison یا preform به روش تزریقی آماده شکل دهی

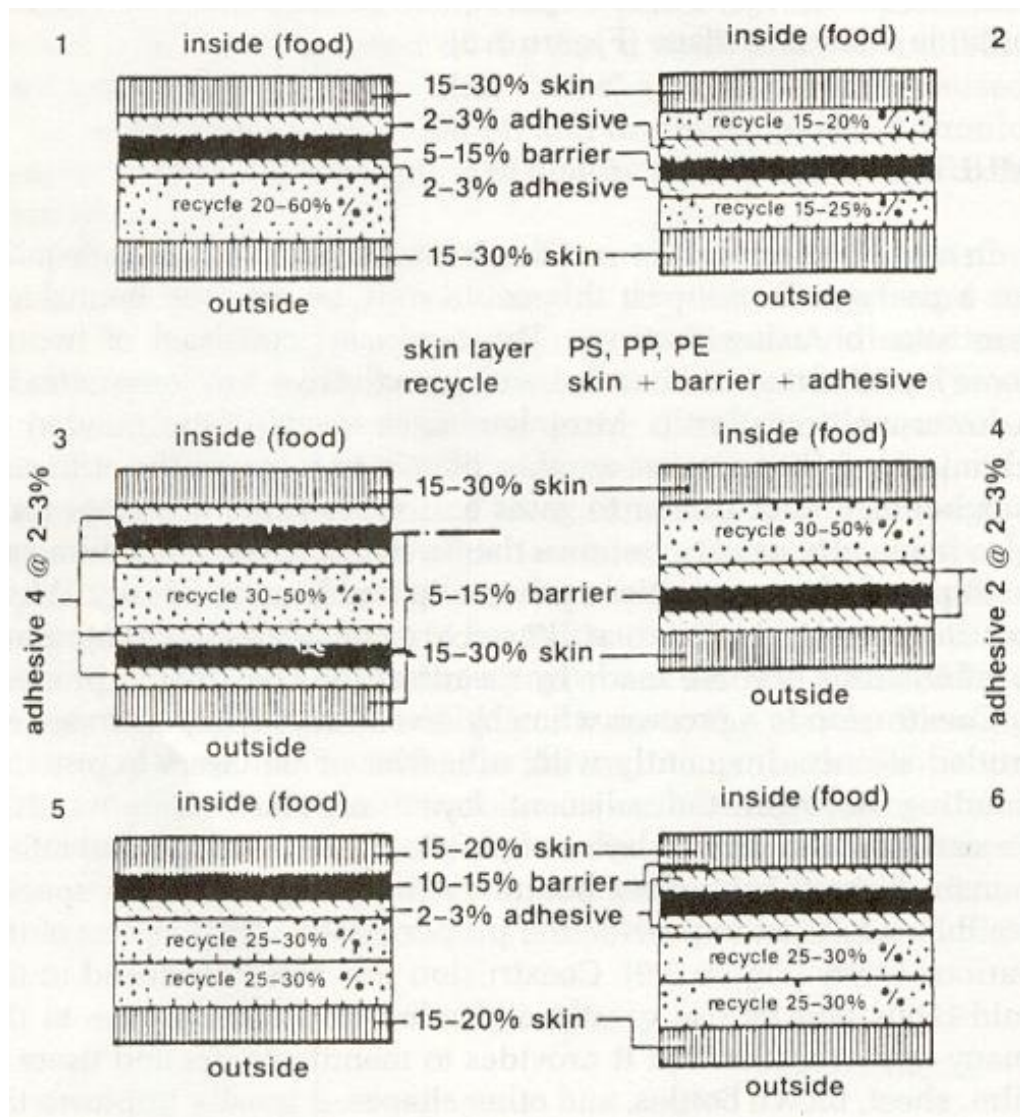


شکل ۳۰- تهیه بطری پلیمری از ظرف اولیه با استفاده از حرارت و دمیدن هوا

لایه‌های پلیمری به تنهایی کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند و از آنها به صورت چند لایه متوالی جهت بهبود اثر آنها استفاده می‌شود. 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. برای تهیه ورقه‌های پلیمری متشکل از چند لایه، از چند دستگاه اکسترودر که به صورت همزمان مواد پلیمری و چسب‌ها را به درون قالب می‌رانند، استفاده شده است. (شکل ۳۱) اکسترودرها را می‌توان به گونه‌ای تنظیم نمود که ورقه‌هایی به صورت متقارن و یا غیر متقارن باشد (شکل ۳۲) همین روش را می‌توان برای روکش کردن ورقه‌های کاغذی یا مقوایی با پلیمر نیز اعمال نمود (coating).



شکل ۳۱- نحوه استقرار اکسترودرها جهت انجام لایه گذاری (lamination)



شکل ۳۲- انواع لایه گذاری فیلم های سنتزی جهت استفاده در موارد مختلف

فصل هفتم چوب و کاغذ

چوب قرنهاست که جهت بسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد و ماده‌ای است که می‌توان آن را به راحتی بهم متصل نموده و بر حسب منبع از استحکام خوبی نیز برخوردار است. 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. از چوبهای نرم جهت تولید بسته استفاده می‌گردد و این امر تحت تأثیر نوع درخت و چوب حاصل از آن می‌باشد. در جدول ۱ درختها بر حسب ارجحیت استفاده 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 بخوبی خشک شوند و رطوبت آنها به حدود ۲۰-۱۵ 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 داده، قدرت و استحکام چوب را بیشتر می‌کند و در نهایت آن را برای انجام عملیات بعدی همچون پرداخت آماده می‌سازد. خشک کردن یا در محیط و یا در محفظه‌های کنترل شده (از نظر درجه حرارت و میزان رطوبت) صورت می‌گیرد که به روش اخیر kiln drying گفته می‌شود و می‌تواند در مدت کوتاهی (۲ تا ۵ روز) رطوبت چوب را به حدود ۱۶ درصد برساند حال آنکه روش اول ممکن است بین ۲۰ تا ۳۰ 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 ۲، ویژگیهای برخی چوبهای مصرفی جهت تولید جعبه نشان داده است. در هر حال الوار (timber) و یا کنده (log) حاصل از جنگل را می‌توان به صورت تخته چندلا (plywood) و یا صفحه فیبر (fibre boards) در آورد، هرچند که بخش زیادی از آن بدون هیچ گونه فرآیندی پس از بریده شدن در اندازه‌ها و قطعات موردنظر، جهت ساخت جعبه به کار می‌رود.

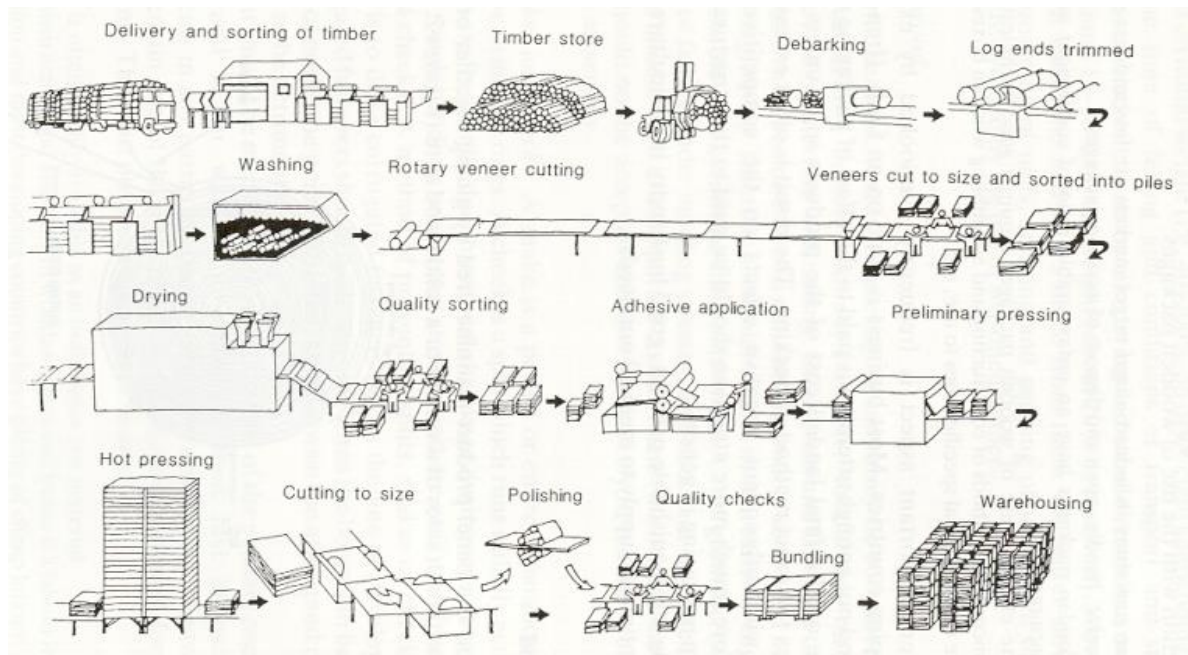
جدول ۱- انواع چوب‌های مورد استفاده جهت تهیه جعبه

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

فرآیند ساخت تخته چندلا از الوار را می‌توان در شکل ۱ مشاهده نمود. الوار پس از حمل به کارخانه، ابتدا پوست‌گیری می‌شود و سپس قسمت‌های زائد دو انتها بریده می‌گردد (trimming).

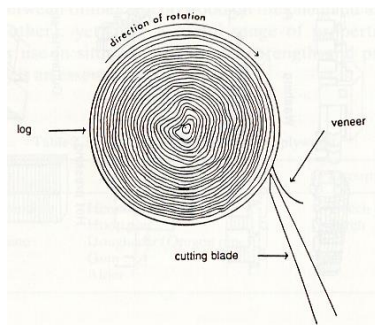
جدول ۲- ویژگی‌های انواع چوب مورد استفاده جهت تهیه جعبه

Species	دانسیته (g/m ³)	چروکیدگی حجمی (%)
Oak (<i>Quercus alba</i>)	۰/۷۱	۱۵
Beech(<i>Fagus sylvatica</i>)	۰/۶۸	۱۸
Birch (<i>Betula verra cosa</i>)	۰/۶۱	۱۴
Pine (<i>Pinus sylvestris</i>)	۰/۴۹	۱۲
Spruce (<i>Picea abies</i>)	۰/۴۳	۱۲



شکل ۱- فرایند و مراحل تهیه تخته سه لا از الوار در یک کارخانه ساخت جعبه چوبی

پس از شستشو، الوارها ضمن چرخش توسط یک تیغه ی بسیار نازک به ورق‌های بسیار نازک (veneer) تبدیل می‌گردند (شکل ۲).



شکل ۲- طرز تهیه لایه های نازک از الوار

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. برای ساخت فیبر، ضایعات حاصل از اهر کاری و قطعات کوچک باقیمانده از الوارها (chips) 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. 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 خشک می‌شوند. یکی از اقداماتی که به

هنگام ساخت جعبه از فیبر ممکن است صورت پذیرد خم نمودن فیبر است که در این حالت از نیروی فشار استفاده می‌گردد هر چند که نمی‌توان به شعاع کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر برای لایه فیبر با ضخامت ۳/۲ میلی‌متر دست یافت. برای حصول به شعاع کمتر (مثلاً ۱۲۵ میلی‌متر) باید فیبر را مدتی در آب خیساند.

کاغذ و مقوا

۱- 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، هر چند 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 می‌توان در چهار دسته رده‌بندی نمود:

الف - پرکننده‌ها:

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

ب - متصل کننده‌ها (قوام دهنده‌ها):

شامل نشاسته، صمغ‌های گیاهی، رزین‌های سنتزی می‌شوند و استحکام کاغذ را در مقابل پارگی، کشش و ترکیدن افزایش می‌دهند.

پ - ترکیبات ایجاد کننده حالت آهار (sizing):

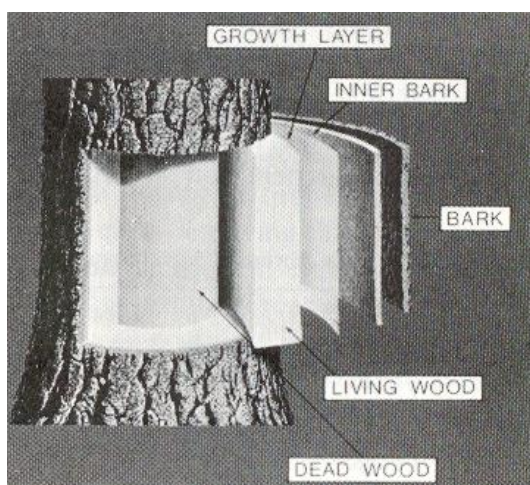
باعث می‌شوند تا کاغذ نسبت به مایعات مانند آب یا مرکب چاپ مقاوم گردند و به همین دلیل است که کاغذ خشک کن‌ها (blotting papers) فاقد این ترکیبات هستند. کاغذهای مخصوص تحریر دارای آهار بوده هر چند

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.

ت - افزودنیهای متفرقه:

مانند پیگمان های رنگی جهت تولید کاغذ رنگی، صمغ جهت سهولت شکل دهی، ترکیبات ضد کف و مواد ضد رطوبت.

چوب ماده اولیه مهم تولید کاغذ است. تنه درخت از دو لایه پوست داخلی و خارجی تشکیل شده که در زیر آن لایه رشد که حاوی مواد غذایی لازم جهت رشد گیاه است، وجود دارد (شکل ۳). 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 ۵۰ درصد الیاف سلولزی، ۳۰ درصد لیگنین، ۱۶ درصد کربوهیدرات و ۴ 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 نوعی عمل چسب را انجام می‌دهد.



شکل ۳- لایه های تنه درخت

۲- 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

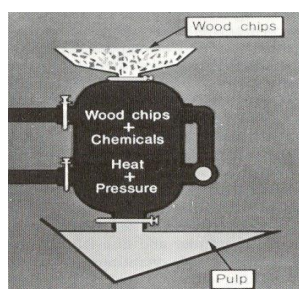
برگ‌ها) و یا چوبهای نرم (سوزنی برگ‌ها) تهیه نمود. خمیر حاصله ممکن است بدون انجام عمل رنگبری و یا پس از انجام آن مورد استفاده قرار گیرد.

الف : تهیه خمیر به روش مکانیکی

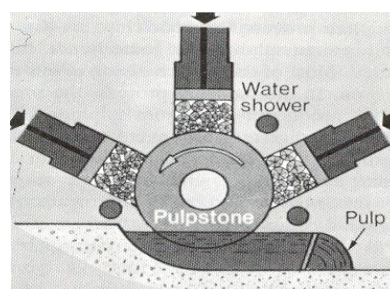
کاغذ به دست آمده در این روش از وزن بالا، استحکام پایین و البته قیمت نه چندان بالا برخوردار است و از آن جهت بسته‌بندی کمتر استفاده می‌شود. در این روش الوارهای بدون پوست چوب به بلندی ۱/۲ متر توسط غلطک‌های زبر آسیاب و رنده می‌شوند، تا به قطعاتی در حدود ۲۰-۱۵ میلی‌متر درازا برسند. از جریان آب نیز بهره گرفته می‌شود تا بدین ترتیب الیاف سلولزی بیشتر جدا شوند (شکل ۴). در این روش 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 ۵).



شکل ۵- تهیه خمیر کاغذ به روش شیمیایی



شکل ۴- تهیه خمیر کاغذ به روش مکانیکی

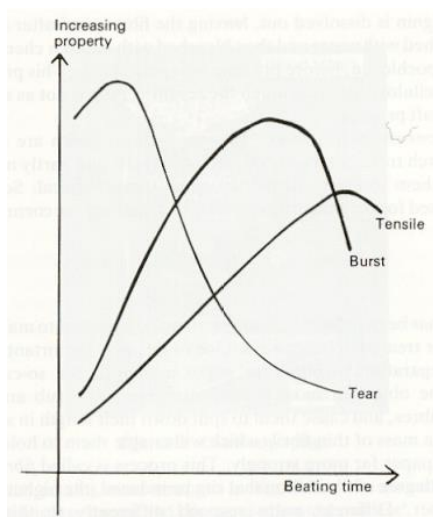
این روش الیاف را با خلوص بیشتری تولید می‌کند و آسیب دیدگی الیاف کمتر دیده می‌شود. روش شیمیایی را می‌توان به چند نوع انجام داد و کیفیت خمیر حاصله بستگی به نوع این فرآیندها و نوع فیبر چوب مصرفی دارد. برای تولید کاغذ مناسب جهت بسته‌بندی، سه روش شیمیایی از اهمیت بیشتری برخوردار هستند که شامل

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 ۱۰۰ سال است و خمیر بدون انجام عمل رنگبری مورد استفاده قرار می‌گیرد و راندمان تولید بسیار 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 می‌رود. 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. 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 از سوی دیگر به دلیل وجود الیاف‌های بلند که به صورت غیر یکنواخت در بافت کاغذ توزیع شده اند، لکه‌لکه (blotchy) دیده می‌شوند. در روش سولفیته از دی‌اکسید سولفور و بی‌سولفیت کلسیم استفاده می‌گردد که با خرده چوب در محیط آبی و درجه حرارت ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد مخلوط می‌گردند. بدین ترتیب لیگنین حل و جدا می‌گردد. پس از شستن الیاف با آب، آن را با 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 و کاغذ حاصل از این نوع خمیر برای تولید کاغذ و مقوای کنگره‌دار (corrugated) استفاده می‌گردد.

۳- 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 بگونه‌ای که از طول به صورت جدا از هم درآیند 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 ۶). 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 می شوند که هرچند باعث کاهش استحکام کاغذ می شوند، اما می تواند در حرکت کاغذ بر روی ماشین های برش و چاپ تسهیل ایجاد نماید. زدن خمیر تأثیر زیادی بر خصوصیات کاغذ تولید دارد که می توان این تاثیر را در شکل ۶ مشاهده نمود.



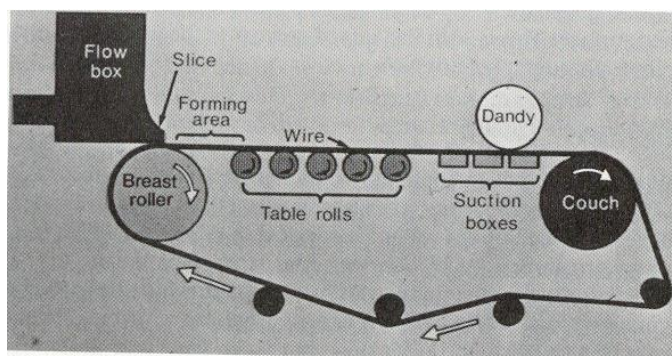
شکل ۶- نمایش نحوه تاثیر زدن الیاف سلولزی بر خواص کاغذ

خمیر پس از آنکه آماده شد، به ماشین های ساخت کاغذ منتقل می گردد. این ماشین ها که به نام مخترع آنها، فوردراینیر (Fourdrinier) نامیده می شود، از ۸ قسمت اساسی که ۴ بخش مربوط به قسمت مرطوب و ۴ بخش مربوط به قسمت خشک است، تشکیل شده است.

قسمت خشک	قسمت مرطوب
برس	stuff box
خشک کن	head box
براق کن	برش slice
صاف کن	سیستم فوردراینیر fordrinier

در stuff box یک مخلوط آبیکی از خمیر کاغذ حاوی ۹۷ قسمت آب و ۳ قسمت خمیر است اما از آنجا که تهیه کاغذ از آن آسان نیست در یک مخلوط کن، رقیق شده بگونه ای که غلظت خمیر به ۰/۵ درصد می رسد و بنابراین ماده مصرفی دارای ۹۹/۵ درصد آب خواهد بود. در head box، به آرامی مخلوط الیاف و آب بهم زده می شود 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. 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 ۷۵-۸۰ درصد است که باید در مرحله خشک کردن جدا شود (شکل ۷). در پایان این مرحله صفحات به قسمت خشک که آن هم دارای ۴ 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.



شکل ۷-مراحل تهیه صفحه الیافی مرطوب جهت تولید کاغذ

مجموعه نقاله نمدی 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 ۶۰ 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. براق کن 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 کلاف یا رول بزرگ در می‌آید.

۴- 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.

الف: خواص فیزیکی

۱- **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.

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

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

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

۵- **خصوصیات متفرقه:** مانند میزان اصطکاک سطحی، نشان دهنده سهولت کار با کاغذ در دستگاههای خودکار.

ب: خواص شیمیایی

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

۵- انواع کاغذ

الف - کاغذ کرافت:

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

ب - 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 به حالت اول خود بازگردد.

پ - کاغذهای مقاوم به رطوبت (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. 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 ۳۰ درصد از استحکام کاغذ خشک باشند. برای ساخت این کاغذ، از مواد شیمیایی که قادر به ایجاد پیوند هیدروژنه هستند استفاده می‌گردد که به موادی مانند اوره و رزین‌های آمینی می‌توان 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.

ت - 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.

ث - 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 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 ۴۰ تا ۷۵ گرم برای هر مترمربع متغیر می باشد.

ج - کاغذ گلاسه:

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

چ - کاغذ حریر:

از دسته کاغذهای بسیار نازک و نرم با وزن ۱۷ تا ۳۰ گرم برای هر مترمربع هستند و در مواردی که محصول در معرض خطر خراشیدگی و خشک شدن باشد از آن استفاده می گردد. کاغذ را میتوان به اشکال گوناگون مورد استفاده قرار داد. با توجه به افزایش استفاده از میکروویو، تولید بسته های کاغذی که سازگاری خوبی نیز با سیستم فوق دارندانجام می شود. محتوای بسته های کاغذی را به راحتی می توان در صورت نیاز، در میکروویو فرآیند نمود. بسته های ویژه popcorn که بعد از قرار گرفتن در دستگاه میکروویو به صورت پف کرده در می آیند و همزمان حجم بسته کاغذی نیز افزایش می یابد، از این دسته به شمار می آیند (شکل ۱۱).

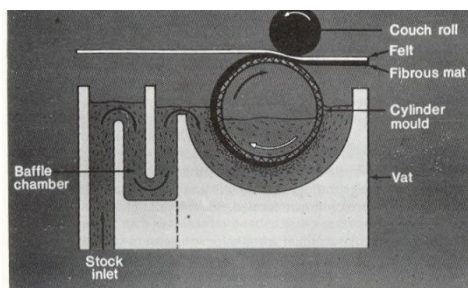


شکل ۱۱- بسته کاغذی مخصوص تهیه پاپ کورن در میکروویو

۶- تولید مقوا

مقوا از موادی است که به شکل گسترده ایی جهت بسته بندی بکار می رود. بر اساس تعریف ISO در صورتیکه کاغذ دارای وزن ۲۵۰ گرم در هر مترمربع ($250 \frac{g}{m^2}$) یا بیشتر باشد، آن را مقوا می نامند. مقوا از الیاف سلولزی حاصل از چوب تهیه شده است. ساختار مقوا می تواند از یک لایه یک دست (y) تا ۲ الی ۸ لایه

تشکیل شده باشد. لایه فوقانی 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 direction (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. خواص سطحی آن، بستگی به عملیاتی که بر روی لایه فوقانی و تحتانی صورت گرفته است، دارد. خواص نوری آن شبیه به کاغذ است و جهت جلوگیری از بد رنگ شدن، باید یک لایه روشن زیر لایه فوقانی در نظر گرفته شود. نحوه ساخت آن نیز شبیه به کاغذ است و از ماشین فوردراینر 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 (شکل ۸) 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 ضخیم خارج می‌گردد. برای آنکه بتوان به صورت همزمان، چند لایه را تولید نمود می‌توان تعدادی ماشین فوردراینر را پشت سر هم قرار داد و یا آنکه یکی از ماشین‌ها را در کنار یک یا چند قالب استوانه‌ای بکار گرفت.



شکل ۸- قالب‌های استوانه‌ای ساخت مقوا

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

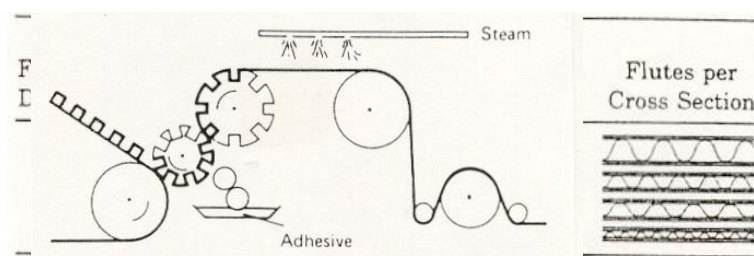
و بنابراین از این مقوا در مواردی که ظاهر سطح داخلی از اهمیت برخوردار نیست استفاده می‌گردد. گاهی در اثر پرکردن قوطیهای ساخته شده از این نوع مقوا با آرد یا محصولات حاوی روغن لکه‌هایی بر روی سطح داخلی ایجاد می‌گردد که در این موارد استفاده از کیسه‌های پلاستیکی توصیه می‌شود. اگر کارتن ساخته شده از این مقوا، 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 استفاده می‌شود. در این نوع مقواها، آن را با لایه‌ای 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 مواد غذایی استفاده شود و بیشتر از آن برای بسته‌بندی فراورده‌های منجمد و سرد بهره‌برده می‌شود. گاهی به جای موم از ترکیبات پلی‌اولفینی به صورت روکش استفاده می‌گردد.

یکی از روشهایی که در جهت افزایش مقاومت مقوا بویژه 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 ۱ تا ۳ 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 (شکل ۹). امروزه مقوای 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 ۳). انواع A، B و C مصارف صنعتی دارند، حال آنکه نوع E بیشتر در مواردی که ظاهر بسته از اهمیت بسیاری برخوردار باشد با کاغذ دارای کیفیت چاپ بسیار خوب پوشانده می‌گردد.

جدول ۳ انواع مقوای چین خورده

میزان تحمل به نیرو (N/m^2)	ارتفاع هر چین (میلی متر)	تعداد چین‌ها در هر متر	کد مقوا
۱۴۰	۴/۵-۴/۷	۱۰۴-۱۲۵	درشت (A)
۱۸۰	۲/۱-۲/۹	۱۵۰-۱۸۴	ریز (B)
۱۶۵	۳/۵-۳/۷	۱۲۰-۱۴۵	متوسط (C)
۴۸۵	۱/۱۵-۱/۶۵	۲۷۵-۳۱۰	بسیار ریز (E)

کاغذهایی که جهت چین دار کردن مورد استفاده واقع می‌شوند شامل کاغذهایی مانند 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 روکش دهنده (liners) که جهت پوشش چین‌ها استفاده می‌گردد، از کاغذ کرافت رنگبری نشده و یا سایر کاغذهای با کیفیت پائین استفاده می‌شود. چین دار کردن به شکل محسوسی مقاومت را افزایش می‌دهد. همچنین می‌توان با استفاده از روش ایجاد «اتصالات عرضی» و بکارگیری الیافی که در آنها اتصالات عرضی بوجود آمده است، به استحکام مقوا افزود.

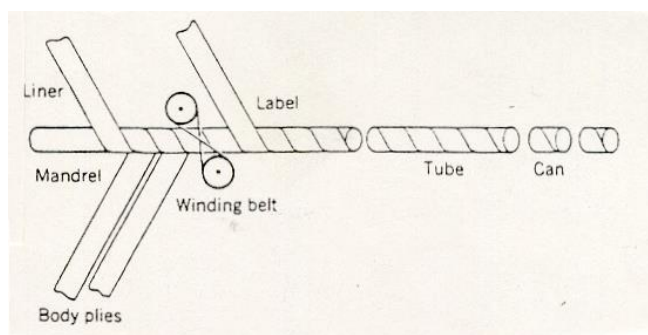


شکل ۹- نحوه چین دار کردن کاغذ و مقطع عرضی چین‌ها

در روش تهیه کاغذ 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، لایه‌های کاغذ به صورت مورب روی هم قرار داده می‌شوند (شکل ۱۰) که به این ترتیب الیاف نیز به صورت مورب در آمده و از استحکام خوبی برخوردار خواهند بود. جدول ۴ **گراماژ کاغذها** را نشان می‌دهد.

جدول ۴ وزن کاغذهای مورد استفاده جهت پوشش لایه‌های چین خورده (گراماژ) g/m^2

گراماژهای در دسترس					کاغذ	
	۳۰۰	۲۵۰	۲۰۰	۱۵۰	۱۲۵	کرافت
	۳۰۰	۲۵۰	۲۰۰			خیزران
۵۰			۲۰۰	۱۵۰	۱۲۵	تک لایه
			۲۰۰	۱۷۵		معمولی



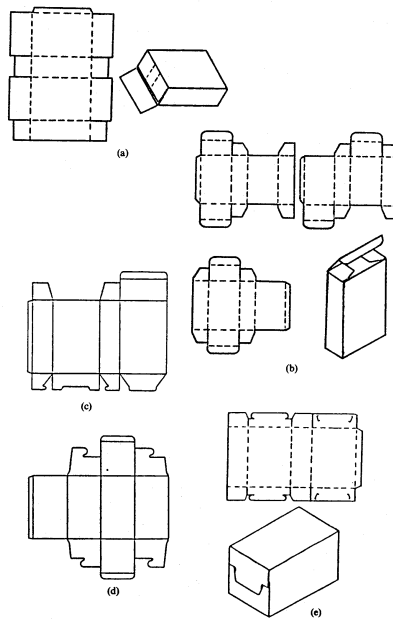
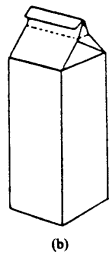
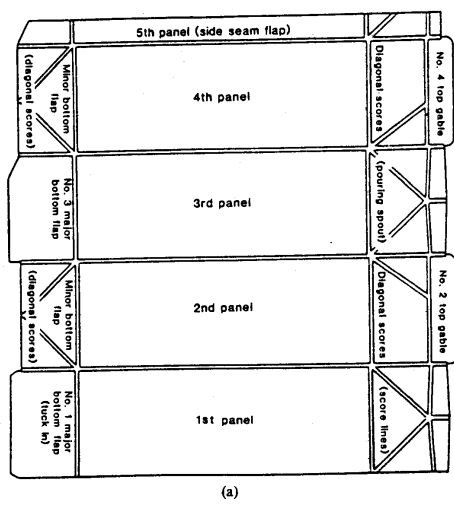
شکل ۱۰- تهیه قوطی مقوایی به روش پیچش مورب

۶- انواع بسته های مقوایی

گذشته از قوطی های مقوایی که طرز ساخت آن بیان گردید و دارای در های فلزی (آلومینیوم و یا فولاد قلع اندود) در بخش های فوقانی و تحتانی هستند و حتی می توان آنها را تحت خلا نیز در آورد، (شکل ۱۲) مقوارا 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 ۱۳).



شکل ۱۲- قوطی ساخته شده از مقوا به روش مورب با در تحتانی فولادی و در فوقانی آلومینیومی



شکل ۱۳- چند نمونه کارتن مقوایی

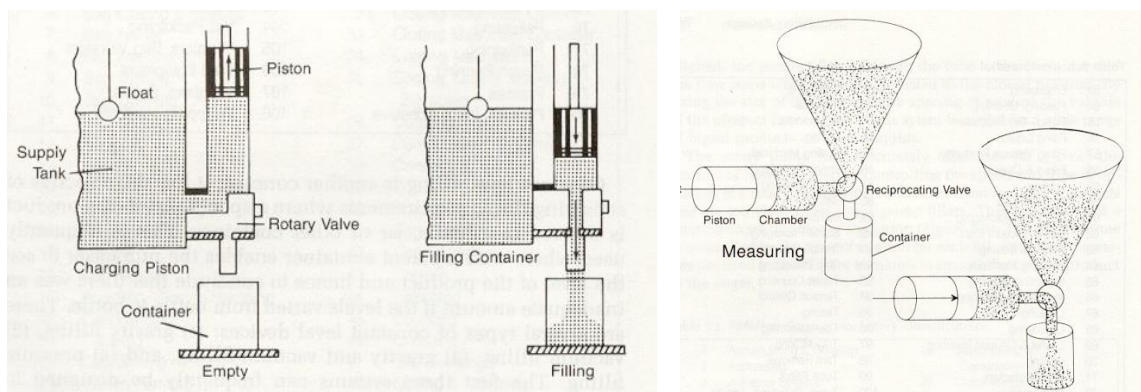
فصل هشتم

روشهای پر کردن

این روشها را می توان به دو دسته کلی پر کردن مایعات رقیق و غلیظ و مواد خشک تقسیم بندی نمود که در مورد هر یک از روشهای متفاوتی استفاده می شود.

الف: پر کردن 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 می چرخد. در هر دو صورت با هر حرکت پیستون، مقداری از غذای مایع مورد نظر از طریق دریچه وارد ظروف بسته بندی خواهد شد (شکل ۱).

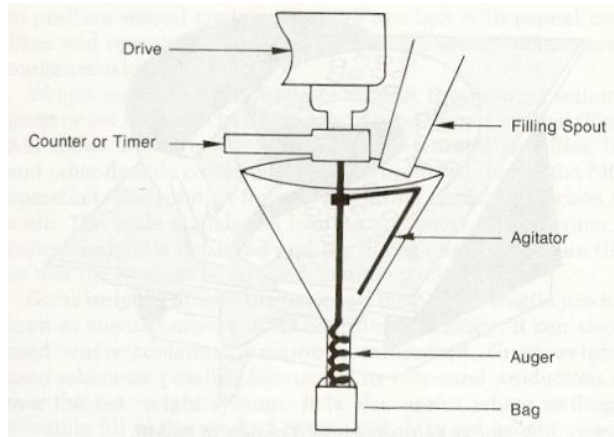


شکل ۱- روش های پر کردن پیستونی

روشهای حجمی دو مکانیزم متفاوت را جهت پر کردن در بر می گیرد. روش اول استفاده از دیافراگم و روش دوم با استفاده از فواصل زمانی معین. در حالت اول از هوا و یا یک گاز بی اثر و دیافراگم برای انتقال فراورده به درون ظرف استفاده می گردد و از دقت بسیار بالایی برخوردار می باشد و در مورد ظروفی که دارای گردن کوتاهی هستند و ارزش ماده غذایی بسیار بالاست استفاده می گردد. در روش دوم از صفحات چرخان و یا پرکن های حلزونی (عمودی) استفاده می گردد (شکل ۲). همچنین می توان از پمپ های چرخان که از دقت خوبی هم برخوردار هستند استفاده نمود.

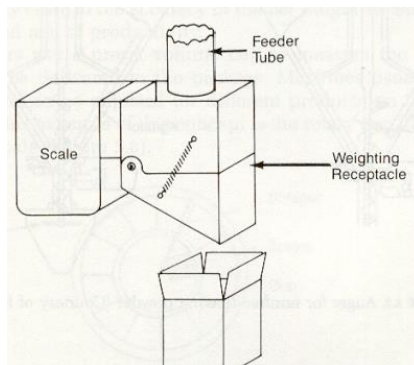
ب: پر کردن محصولات خشک

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.



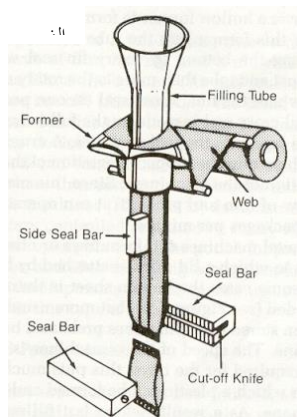
شکل ۲- پرکن‌های حلزونی

فراورده‌های پرک مانند باید با دقت بسیار فرآیند شوند تا از شکستگی آنها اجتناب شود. با توجه به تنوع فراورده‌های 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 آن در این ستون جای گرفت، در درون بسته جای داده خواهد شد. در همین زمینه می‌توان از چشم‌های الکترونیکی 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 ۳).



شکل ۳- 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 تنها در فراورده‌هایی که دارای bulk density ثابتی هستند استفاده می‌شود. در پرکن‌های تحت خلا، مطابق خلا ایجاد شده در بسته، محصول به درون آن ریزش می‌نماید و بنابراین حجم بسته خود عامل کنترل خواهد بود. در روش مته‌ای (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 مواد غذایی استفاده می‌شود، روش شکل‌دهی-پر کردن-دربندی (form-fill-seal) است که عمدتاً در مورد بسته‌های قابل انعطاف پلی‌مری قابل اجرا است. این نوع ماشین‌ها می‌تواند به صورت عمودی (شکل ۴) و یا افقی باشند.



شکل ۴- روش شکل‌دهی-پر کردن-دربندی عمودی

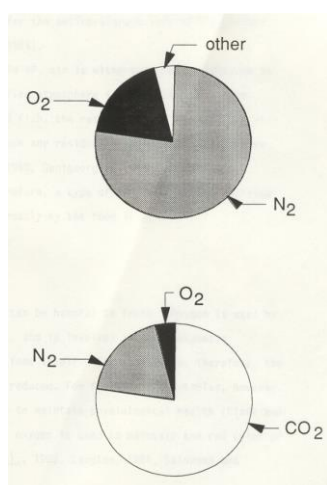
بسته‌ها ممکن است از سه طرف و یا چهار طرف دربندی (seal) شوند و بسته‌های حاصل بیشتر به شکل کیسه (pouch) هستند. فراورده‌های غذایی مختلف که در ظروف و پوشش‌ها قرار گرفتند ممکن است از پوشش دیگری که به دور آنها پیچیده می‌شود نیز برخوردار گردند. پیچیدن (wrapping) امروزه در موارد بسیاری اعمال شده و ممکن است در تماس مستقیم با ماده غذایی باشد (در مورد شکلات‌ها، آب نبات‌ها) و یا آنکه نباشد (مانند جعبه همان شکلات). امروزه از مواد پلیمری شفاف بویژه لایه‌های نازک پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن و PET استفاده وسیعی می‌شود، هرچند ممکن است آنها همراه با ورق‌های نازک کاغذ و آلومینیوم نیز باشند. گاهی مواد پلی‌مری بر روی مفرآورده انداخته شده و سپس وارد تونل حرارتی می‌گردد تا پس از جمع شدن (shrinkage)، محصول را در بر گیرد. در بحث پیچیدن دو اصطلاح slip و COF (coefficient of friction) مطرح است. واژه 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 می توان با سرعت بالاتر و بدون ایجاد وقفه در فرآیند (بدلیل احتمال پارگی) عملیات بسته بندی و پیچیدن را به انجام رساند.

فصل نهم

بسته‌بندی مواد غذایی در محیط تغییر داده شده (Modified Atmosphere Packaging)

استفاده از محیط تغییر داده شده جهت افزایش عمر نگهداری مواد غذایی، پدیده جدیدی نمی‌باشد و از قرن نوزدهم میلادی دانشمندان دریافته‌اند 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 بگونه‌ای تغییر داده می‌شود که شباهتی به ترکیب هوا نداشته باشد. هوا دارای ۷۸ درصد ازت و ۲۱ درصد اکسیژن و حدود ۰/۰۳ درصد دی‌اکسید کربن است. این سه گاز عیناً در بسته‌های MAP بکار رفته‌اند با این تفاوت که نسبت آنها تغییر یافته است (شکل ۱).



شکل ۱- ترکیب گازها در هوای خشک و بسته‌های با محیط هوای تغییر یافته

در همین زمینه اصلاح CAP یا controlled Atmosphere 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 می‌گردد.

۱- 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: دی‌اکسید کربن

این گاز از رشد بسیاری از میکروارگانیسمها 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. دی‌اکسید کربن 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.

پ: ازت

گازی بی‌اثر است که به عنوان پرکننده 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 ۱ خلاصه‌ای از اثر هر یک از گازهای فوق را نشان می‌دهد.

جدول ۱- خلاصه خواص گازهای موجود در MAP

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

۲- امکانات و اطلاعات مورد نیاز

الف: دستگاه ایجاد خلا و تزریق گاز

جهت ایجاد MAP ابتدا در درون بسته خلاء ایجاد شده و هوا خارج 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). و بیشتر 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 (نفوذناپذیر) باشند. جدول شماره ۲ خصوصیات تعدادی از این لایه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲- خصوصیات لایه‌های پلی‌مری مورد استفاده در MAP

نام لایه	انتقال اکسیژن cc/m ² /۲۴ h	انتقال رطوبت g/m ² /۲۴ h	قابلیت شکل‌دهی	قابلیت در بندی
PA (نایلون)	۵۸	۲۹۵	بسیار خوب	ضعیف
PVDC-PA	۱۵	۲۰	بسیار خوب	ضعیف
EVOH-PA	۵	۳۰۰	بسیار خوب	ضعیف
OPE	۷۴	۱۸	ضعیف	ضعیف
پلی‌استر متالیزه شده	۰/۱	۰/۶	ضعیف	ضعیف
OPA	۲۲	۱۶۸	ضعیف	ضعیف
OPP	۲۰۰۰	۶	ضعیف	ضعیف
PVDC-OPP	۸	۴	ضعیف	ضعیف
PP	۳۰۰۰	۱۱	ضعیف	خوب
PVC	۱۲۵	۱۰۰	-	ضعیف
اکریلونیتریل (Barex)	۱۲	۷۸	-	ضعیف
(۴٪ EVA PE)	۸۰۰۰	۲۵	ضعیف	خوب
(۸٪ EVA PE)	۸۵۰۰	۳۰	خوب	بسیار خوب
(۱۸٪ EVA PE)	۱۳۰۰۰	۴۰	خوب	بسیار خوب
L-LDPE	۵۰۰۰	۱۰	خوب	بسیار خوب
یونومر (Surlyn)	۵۴۰۰	۲۷	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 توجه نمود. به عنوان مثال اگر مهم‌ترین عامل محدود کننده، فساد میکروبی است، استفاده از مقادیر زیاد CO₂ جهت جلوگیری از رشد آنها عملی سودمند خواهد بود. همانگونه که ذکر شد در مواردی که عواملی چون رنگ مطرح است (گوشت) وجود درصدی از گاز اکسیژن مفید خواهد بود. جدول شماره ۳ ترکیب گازها را در مورد تعدادی از فراورده های غذایی نشان می‌دهد.

جدول ۳- ترکیب مناسب گازها در MAP در چند فرآورده غذایی

نام محصول	اکسیژن (%)	نیترژن (%)	دی اکسید کربن (%)
ورقه های نازک گوشت	۰	۲۰	۸۰
نان	۰	۶۰	۴۰
پیتزا	۰	۸۰	۲۰
ماهی تازه (چرب)	۰	۷۰	۳۰
ماهی سفید تازه	۰	۶۰	۴۰
گوشت قرمز تازه	۷۰	۱۰	۲۰
گوشت مرغ تازه	۰	۵۰	۵۰
سوسیس	۴۰	۶۰	-
Pasta (تازه)	۰	-	۱۰۰
سیب درختی	۲	۱	۹۷
گوجه فرنگی	۴	۴	۹۲

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 می توان از گاز دی اکسید کربن بیشتری استفاده نمود بدون آنکه رنگ آسیبی ببیند. در مورد ماهی ها، حذف اکسیژن جهت جلوگیری از اکسیداسیون چربیهای آنها باید مورد توجه باشد، ضمن آنکه باید بسته ها را در برودت ۱۸ درجه سانتی گراد حفظ نمود. در مورد میوه ها و سبزیها نیز توجه به پروفیل گاز ضروری است. شکل ۲ و ۳، غلظت گاز اکسیژن که در کمتر از آن غلظت، فساد به تأخیر می افتد و غلظت گاز دی اکسید کربن که در بالاتر از آن غلظت، فساد رخ نخواهد داد را نشان می دهد. به عنوان مثال در مورد نخود سبز (نخود فرنگی) میزان اکسیژن باید در بسته کمتر از ۵ درصد و میزان گاز دی اکسید کربن بیش از ۷ درصد باشد. در محصولات مانند سیب و گلابی نیز غلظت اکسیژن را باید تا حد ۲ درصد و کمتر کاهش داد، حال آنکه گاز کربنیک باید حداقل ۱ درصد باشد و مقادیر بیشتر آن توصیه می شود.

شکل ۲- نحوه اثر کنترلی گاز های اکسیژن و دی اکسید کربن در سبزی ها

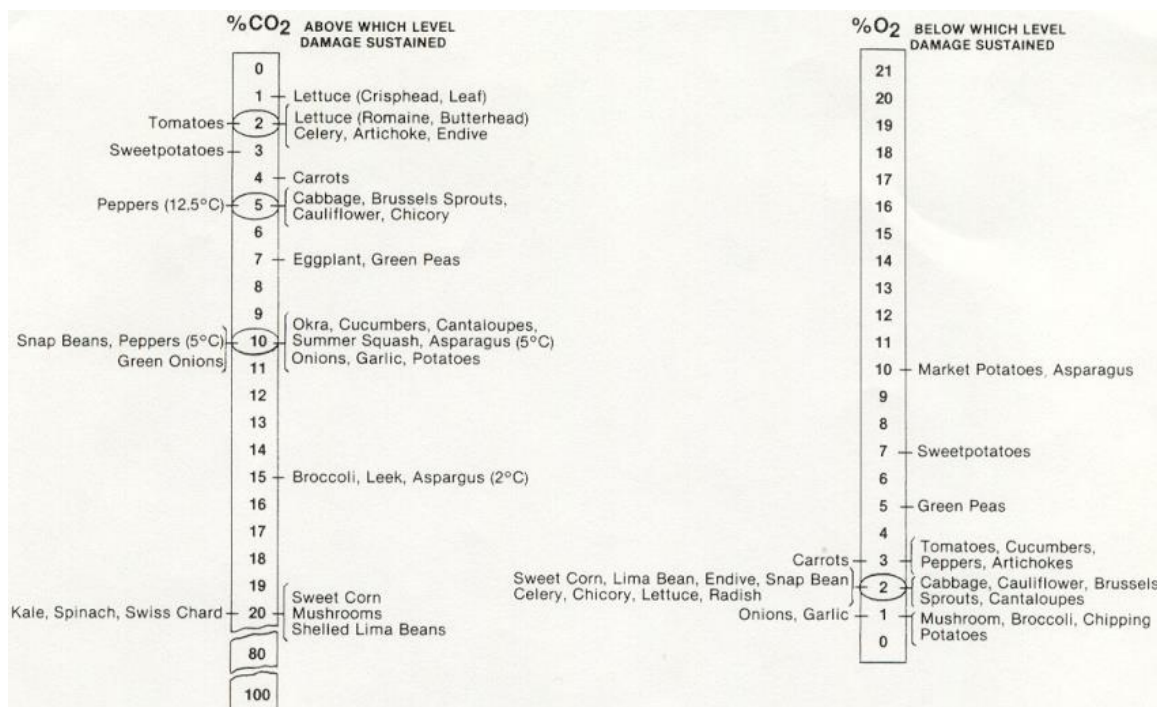
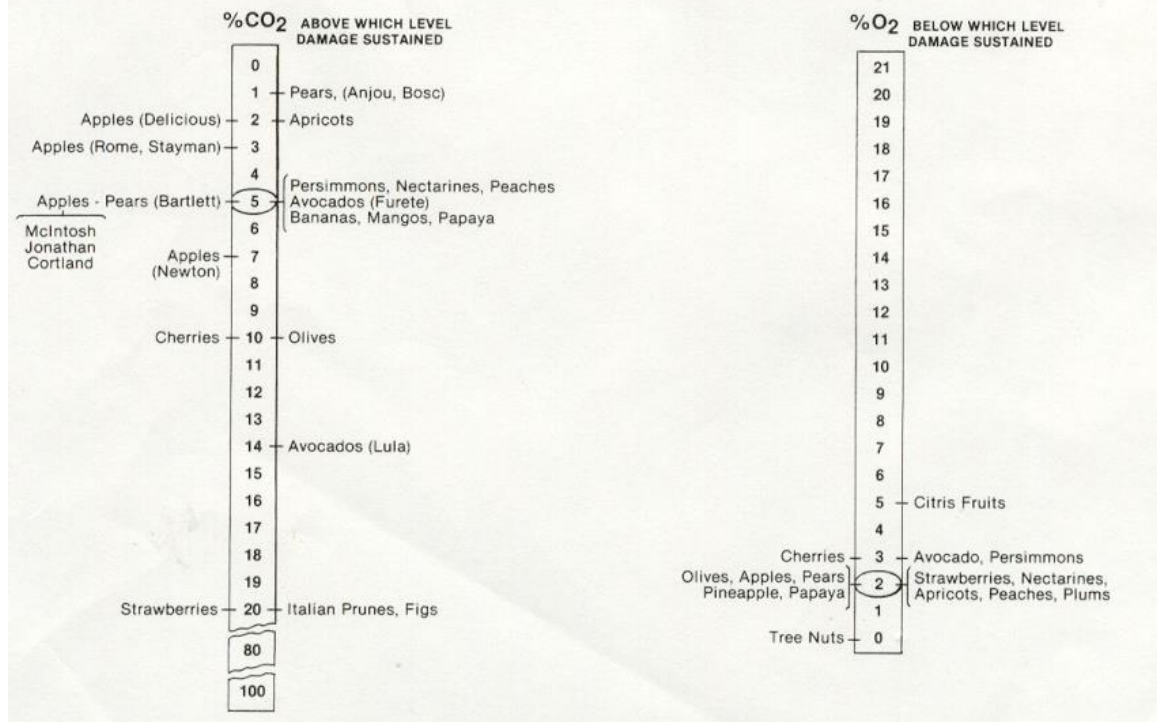


Figure 3. Relative tolerance of vegetables to elevated CO₂ and reduced O₂ levels

شکل ۳- 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.

۱- 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 بهر حال اکنون در اکثر 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 CO₂ و N₂ با نسبت معینی تزریق می گردد.

۲- 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 شد یعنی بصورت پلی اتیلن/ پلی اتیلن/ آلومینیوم/ پلی اتیلن/ مقوای نازک/ پلی اتیلن در خواهد آمد. ضخامت ورق آلومینیوم حدود ۱۵ میکرون است و لایه های داخلی پلی اتیلن به ترتیب ضخامتی برابر با ۳۵ و ۲۵ 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 ۱ میلی لیتر اکسیژن / ۱۰۰ اینچ ربع / فشار اتمسفر / ۲۴ 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 ۱ میل (۲۵ میکرون) بوده بین آنها EVA (نوع ۱۸ درصد) قرار گرفته است مورد استفاده قرار می گیرند. این نوع فیلم با نام تجاری کورپولن (curpolene) تولید می شود. پنیر رنده شده در کیسه های PET که با PVDC پوشیده شده اند و دارای EVA و

یا 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 که آنها در دوره نگهداری و قبل از مصرف تولید CO_2 می نمایند. از آنجا که فیلم های با خواص ممانعتی بسیار خوب استفاده می شود بنابراین CO_2 مجال خروج را نیافته و نوعی بسته پف کرده دیده خواهد شد و پنیر مشتری پسندی خود را از دست خواهد داد. در این مورد استفاده از BON یا ضخامت ۱ میل (۲۵ میکرون) ضمن آنکه نفوذپذیری به اکسیژن 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 ۵/۹ است، این نسبت در OPP پوشیده از PVDC ۲/۳ است. این در حالی است که نفوذپذیری OPP به اکسیژن تنها نصف BON است. در کنار آن باید توجه داشت که مقدار گاز CO_2 تولیدی برحسب شرایط نگهداری و مقدار میکروارگانیزم ها پنیر متفاوت است، گاهی استفاده از BON در حد ۱ میل کافی نخواهد بود 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 های تراپک که در آنها لایه های کاغذی بکار نرفته (مانند آنچه در مورد شیر گفته شد) استفاده شده است.

۳- نوشابه های گازدار

بسته انتخابی PET است، هرچند که نفوذپذیری آن به گاز CO_2 (۲۰ میلی لیتر/۱۰۰ اینچ مربع/۲۵ میکرون/اتمسفر/۲۴ ساعت) خصوصاً در بطری های کمتر از ۱/۵ لیتر که حدود ۶۰ درصد بازار مصرف نوشابه هارا تشکیل می دهند زیاد است.

۴- 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 ۵۰ گرم وزن بوده و ۵ تا ۷ پاوند PVDC بر روی آن قرار گرفته است.

- OPP /EVA یا Ionomer /HDPE /
- OPP / PVDC/ glassine / یا چسب /
- OPP / PVDC یا Ionomer/OPP /
- OPP / Ionomer یا PE / متالیزه /
- OPP / PVDC یا Ionomer/OPP

• (EP) Ethylenepropylene / OPP-EVA / PVDC / EP

الف: چیپس سیب زمینی

با توجه به اهمیت این محصول، نفوذ ناپذیر بودن بسته به نور، اکسیژن و رطوبت ضروری است و از بسته های زیر 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 / PE / OPP

و یا

ورق آلومینیومی یا PP متالیزه / PE / OPP

نوعی چیپس نیز در قوطی های ساخته از الیاف کاغذی به هم بافته که بصورت مورب کنار هم قرار گرفته اند و 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

از خمیر 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 PVDC / PE / OPP

و برای بسته های بزرگ تر

OPP پوشیده شده با PVDC / PE / OPP

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

ج: پرتزل (Pretzels)

فراورده ایی است که از مخلوط نمودن آرد دو یا چند جزء بدست می آید پس از شکل دهی در محلول سود رقیق غوطه ور شده تا رنگ قهوه ای پیدا کند و سپس در آون های طویل پخته می شود. نمونه ساده آن چوب شور است. از بسته های ذیل جهت بسته بندی آن استفاده می شود.

OPP پوشیده شده با PVDC / PE / OPP

پلی پروپیلن پوشیده شده با OPP / PE / PVDC

در حالت دوم، ضخامت لایه پلی پروپیلن ۳ برابر OPP است.

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 بر روی لایه های کاغذ قرار می گیرد که دارای فواصلی برای خروج

بخار آب باشد.

این جزوه در قالب یک درسنامه در وبلاگ شخصی به آدرس <https://kadivar.iut.ac.ir/courses> در

دسترس میباشد.