



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی
گروه صنایع غذایی

اصول و مبانی بسته بندی مواد غذایی

ویرایش دهم

گردآوری:
دکتر مهدی کدیور

خرداد ۱۳۹۹

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 میکروبها، فسادهای شیمیایی و آنزیمی و عوامل محیطی از بین می‌روند که مبارزه‌ای پیگیر به منظور جلوگیری از اتلاف این مواد را می‌طلبد. در این مبارزه، بسته‌بندی و حفاظت از مواد غذایی، نقش عمده‌ای را به 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 هرچند 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 تکنولوژی محض به ترکیبی از هنر و علم تبدیل شده است و جای خود را به خوبی در میان جوامع علمی باز کرده است، بگونه‌ای که اکنون بسته‌بندی فراورده‌های تولید شده در کارخانه یک ضرورت به شمار آمده و حتی بخشهای خاصی بدان اختصاص یافته است. بدیهی است توجه به دغدغه‌های زیست محیطی موضوعی کاملاً 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 از برخی منابع که طبیعت در اختیار او نهاده، مانند تنه‌های پوک درختان، انواع نی، کدو، برگ‌ها و ... استفاده نماید. او بعدها توانست قسمتهائی از بدن حیوانات مانند مثنه، 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 آنها را با استفاده از ظروف سفالین بزرگ تأمین می‌نمودند.

در سفرنامه ناصر خسرو به مکتوبی این چنین برمی‌خوریم:

"در روز سیم دیمه قدیم از سال ۴۱۶ عجم، این میوه‌ها و سپرغم‌ها (سبزیها) به یک روز دیدم که ذکر می‌رود و هی هدا: گل سرخ، نیلوفر، نرگس، ترنج، نارنج، لیمو، مرکب (شبه نارنگی)، سیب، یاسمن، شاه اسپرغم (ریحان)، به، انار، آمرو (گلای)، خربوزه، دستنبویه، موز، زیتون، بلیله تر، خرما، تر، انگور، نیشکر، بادنجان، کدوی تر، ترب، شلغم، گرنب (کلم)، باقلای تر، خیار، بادرنگ (بالنگ)، پیازتر، سیرتر، جزر یا گزر (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 *آلا آنچه دیدم*". (سفرنامه به اهتمام محسن خادم، قنوس، تهران ۱۳۸۲ ضفحه 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 جهت انتقال محصول فاسد شدنی از مناطق دوردست به قاهره.
- ۳- ایجاد سیستمهای منظم حمل و نقل بین نواحی مختلف.

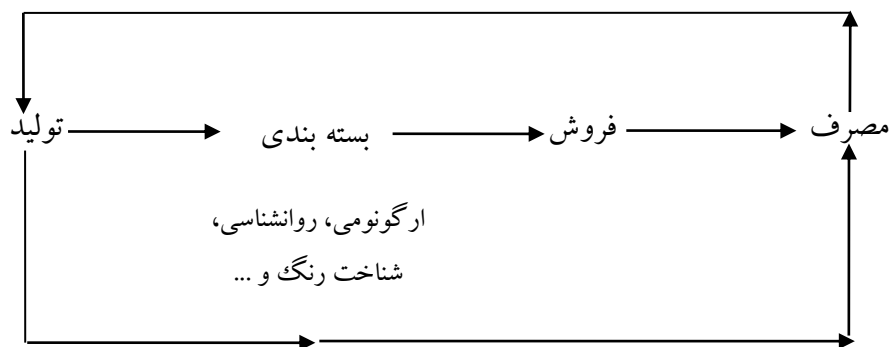
اکنون باید به این پرسش پاسخ گفت که تجار و تولید کنندگان در آن زمان برای بسته‌بندی این اقلام متنوع و صدها نوع محصول و فراورده دیگر از چه روش‌هایی استفاده می‌نمودند؟ به نظر می‌رسد با توجه به امکانات آن زمان، هدف از بسته‌بندی، بیشتر محافظت از کالاها در مقابل تنشها و آسیبهای فیزیکی و جوی بوده است. برای مثال، موادی مانند عسل و یا کره را در مشک‌هایی که از پوست حیوان تهیه شده بود، نگهداری می‌کردند. نمک و مواد 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 کنیم، در می‌یابیم که در فاصله زمانی چنین طولانی، تحول مهم و چشمگیری در این زمینه رخ نداده است. کوچک بودن حجم تبادل بین‌المللی کالاها در مقایسه با زمان بعد از انقلاب صنعتی و تنوع بسیار کم در مواد مورد نیاز برای بسته‌بندی و حرکت آهسته‌ی کاروانها برای حمل و نقل را می‌توان از علل عمده این وضعیت عنوان کرد. اگر در این موارد با نظامی پیچیده‌تر از روابط کالایی روبه‌رو می‌شویم بیشتر بدین علت است که سیستمهای اقتصادی و سیاسی جامعه مورد نظر توانسته بود از حداکثر امکانات موجود بهره در خورتوجه ببرد

ظهور انقلاب صنعتی، به راستی تحولی اساسی در نظام تولید کالائی و تبادل آنها ایجاد کرد. با ظهور انرژی بخار، بشر به نیرویی غیر از نیروی انسانی دست یافته و تحول در اندیشه او نیز منجر به کاربرد علوم و فنون جدید شد، انرژی حرارتی، آب را بخار کرد و بخار فشرده آب، چرخها را به گردش درآورد. طنین حرکت جدید، زودتر از حد تصور آن روز، سرتاسر جهان را لرزاند. نظام تولید کالا توانست با شتابی بسیار زیاد، پیرامون خود را انباشته از کالا کند. کاربرد علوم جدید به تدریج جهان را با تنوع بیشتری از کالاها و مواد مواجه کرد. بدیهی است که آن انباشتگی و تنوع، ضرورت یافتن بازارهای فرامرزی را اجتناب‌ناپذیر سازد. از طرف دیگر، تولید بیشتر نیاز به مواد خام بیشتر داشت و در بسیاری از موارد، سیستم تولیدی قادر نبود درون مرزهای خود، 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 نازل تری برخوردار بودند تبدیل به بازارهایی، برای کالاهای صنعتی کشورهای توسعه یافته شدند که البته برای چنین تبادلی، چیزی جز مواد خام برای عرضه نداشتند. در کنار آن 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 کشورهایی که انقلاب صنعتی آنان را به جنب جوشی بسیار متفاوت وا داشته بود، حادثه مهم دیگری نیز در حال رخ دادن بود، این واقعه از رقابت میان تولیدکنندگان برای تولید بیشتر، متنوع‌تر و ارزانتر حکایت داشت، به گونه‌ای که مجبور به انجام نوآوری در ساخت ماشینهای تولیدی و تولیدات صنعتی مختلف بودند. به تعبیری دیگر، نوآوری به معنی تبلور دانش بیشتر در ساخت کالاها نیز بود و همین دو مورد، 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 دستهای طریقی 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. سیستم بسته‌بندی این بار به صورت مجموعه‌ای با دو پوشش درآمد، یکی پوشش حفاظتی و دیگری پوشش ارتباطی و این دو، تا به امروز نقش مهمی در طراحی بسته‌ها و ساخت سیستمهای بسته‌بندی در مجموعه نظام تولید کالا بازی کرده‌اند. از ترکیب این دو پوشش که ظاهراً دو خصالت 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 کاملاً از جهان خارج دور نگهداشته شوند، و این در حالی است که طرحها، رنگها و برچسب 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 علوم چون روان‌شناسی و جامعه‌شناسی بر مواردی چون رقابت تجاری در حوزه اقتصاد، چیره شده و نیازهای مصرف‌کنندگان را تامین نماید، به همین دلیل، سیستم بسته‌بندی بدون توجه به عوامل فوق سیستمی کامل نبوده و موفق نخواهد شد تا وظایف و اهداف خود را به انجام رساند. در کنار آن باید توجه داشت که سیستم

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، 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 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 کاربرد علوم و فنون متنوع در این دسته از صنایع موضوع پژوهش و توسعه آن به صورتی جدی مطرح شد. این بار، صنایع بسته‌بندی سهمی قابل توجه از بودجه 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 چنین تحولی، قابل استفاده شود. این فرآیند، در حقیقت تأثیر سودمند رشد و توسعه صنایع بسته‌بندی بر صنایع دیگر، بویژه در کشاورزی، بود. امروزه، صنایع بسته‌بندی تبدیل به یک فناوری قدرتمند شده، هر چند با وجود بر طرف نمودن بسیاری از مسائل، مشکلاتی نیز در میانه مسیر تولید تا مصرف کالا ایجاد کرده که بیشتر به ارتباط آن با محیط زیست باز می‌گردد. با توجه به آنچه گفته شد سه عامل مهم و اصلی آن عبارتند از:

۱- زمینه اقتصادی:

در مرحله تولید یک بسته تمام جوانب اقتصادی مورد لحاظ واقع شود. در تولید هر نوع (بسته‌بندی از کیسه نایلونی یک نان تا بسته‌بندی نوعی شکلات گران قیمت) با سقف بودجه‌ای متناسب با محصول روبه‌رو هستیم و تنها در بعضی موارد است که می‌توان این سقف را جا 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 محصولات تجاری بخشی از روند تولید و بازاریابی است. قبل از شروع کار، طراح باید تحقیق جامعی درباره محصول انجام داده و اطلاعات دقیقی گردآوری نماید. وی باید محصول را کاملاً بشناسد و مشخصات، امتیازات، موارد مصرف، توانائی بالقوه فروش، سلیقه ها و عادات خرید مصرف کنندگان احتمالی آن، زبان شناسی رنگها و حتی محصولات رقبا آشنا باشد. در یک سیستم بسته بندی، محتوا هر چند همان کالا است اما یک سیستم بسته بندی مناسب باید بتواند این محتوا را با نمودی متناسب با آن عرضه کند، بدیهی است که میان محتوی و نمود، یعنی کالا و بسته بندی، باید رابطه ای مبتنی بر اطلاعات استوار باشد، به عبارت دیگر، اطلاعات واسطه ای میان محتوا و نمود است، به طوری که هر نمودی جلوه ای از محتوی است. تضاد و تناقض میان محتوا و نمود - یعنی ساخت اطلاعات نادرست میان این دو - می تواند تمام مفهوم بسته بندی را در محدوده زمانی خاص بی حاصل نماید و بدین ترتیب اعتماد خریدار را به کلی تخریب کند، بنابراین کاهش فروش و فروپاشی تبادل برای چنین سیستمی کاملاً متحمل است. از سوی دیگر هر کالائی در درون بسته بندی، دارای زمانی خاص برای حفظ ساختار و ویژگیهای خود است، بنابراین رابطه اطلاعاتی میان کالا و بسته بندی تابع زمان معینی است و بعد از آن چنین رابطه ای گسسته می شود، از این روست که هر سیستم بسته بندی و بویژه بسته بندیهای مواد غذایی که سریعتر محتوایشان تخریب می شود، دارای زمانی مشخص برای کاربرد و استفاده هستند، به همین دلیل کوشش تمامی تولید کنندگانی که در بازارهای رقابتی فعالیت می کنند بر این مدار دور می زند که از زمان حمل کالا تا عرضه و مصرف آن، رابطه اطلاعاتی میان محتوا و نمود، در مجموعه کالا و بسته بندی آن تخریب نشود و بر هم نریزد. در حقیقت برای افزایش ثبات در این ارتباط است که در یک سیستم

بسته‌بندی، از پوشش حفاظتی نیز بهره می‌گیرند، هرچه پوشش حفاظتی طول عمر بیشتری داشته باشد، سیستم بسته‌بندی می‌تواند نمود اطلاعاتی خود را برای مدتی طولانی‌تر - منطبق با شرایط درونی کالای خود - حفظ کند.

در نگاهی دیگر، پدیده پوشش ارتباطی (یعنی نمود بسته‌بندی)، تابع عامل دیگری به نام "هنر جذب" یا "هنر ارتباط" است. استفاده از پدیده هنر برای ایجاد جاذبه در یک پوشش ارتباطی، می‌تواند نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای در فروش یک کالا داشته باشد. هنر دقیقاً با چنین هدفی به کمک پوشش ارتباطی و نمودی یک سیستم بسته‌بندی می‌آید. روشن شدن سهم هنر در نظامهای تولیدی ضعیف می‌تواند یکی از عوامل بسیار مهم گسترش دامنه فروش و بازار آنها باشد. آنچه که در بدو امر 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 سیستمهای بسته‌بندی، می‌تواند 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 آنجائی که ارتباط اطلاعاتی میان این پیام و محتوی، یعنی کالای درون بسته‌بندی، از بین نرود به خود جلب کند. اگر اندکی در یک سوپرمارکت بزرگ قدم بزنید و برای مثال خریدار شیرینی باشید، دست شما به ناگهان به سراغ آن جعبه‌ائی خواهد رفت که پیام هنری قویتری دارد، و می‌توان گفت که اکثریت خریداران، همان جعبه را انتخاب می‌کنند، بدون آنکه محتوای آن با محتوای سایر بسته‌بندیها تفاوت چندانی داشته باشد. جادوی پیام هنری در بسته‌بندیها را همیشه مدیران فروش موفق شرکتها درک کرده و می‌کنند. آنان خوب می‌دانند که بدون چنین جاذبه‌ای از فروش خبری نیست.

فصل دوم

تعاریف و اهداف

دایره المعارف بریتانیکا، بسته‌بندی را چنین تعریف می‌نماید: «تکنولوژی و هنر آماده کردن یک کالا برای حمل، ذخیره‌سازی و فروش آسان». در تعریفی دیگر انجمن متخصصین صنعت بسته‌بندی در امریکا بسته‌بندی را آمیزه‌ای از «فن قرار دادن کالا در بسته» «بکارگیری مواد مختلف جهت محافظت مواد غذایی» و بالاخره «جدایی و جلوه‌گری بسته» می‌داند. در تعریفی سیستماتیک بسته‌بندی را می‌توان پوششی از یک سیستم دانست که کالا نامیده می‌شود و کالا عبارت است از دانشی که با استفاده از انرژی در جرمی تثبیت شده است. صرف نظر از تعاریف فوق، لازم است تا تمامی سعی و کوشش بعمل آید تا بسته با بهترین مشخصات روانه بازار گردد و در این راه باید به این جمله معروف که: «بسته خوب، نیمی از فروش خود را قبل از عرضه کرده است» توجه جدی نمود. اگر بازار مکانی در نظر گرفته شود 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 بسته‌بندی» در برهم زدن توازن به نفع یک یا چند فروشنده-در میان خیل عظیم فروشندگان-بهرتر پی برد زیرا بسته و پوشش جایگاهی برای برقراری ارتباط و وسیله‌ای برای تبلیغ بشمار می‌آید و پوشش مناسب نقش کلیدی را خواهد داشت و ضرورت دارد به سوالاتی که یافتن پاسخ آنها راه گشا خواهد بود، پاسخ 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 فرآورده‌ای که باید بسته‌بندی باشد؟ (فسادپذیری، شکنندگی، مایع و جامد بودن).
- ۴- نحوه استفاده مجدد و یا مکرر از بسته؟
- ۵- اندازه‌های متفاوت 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 مصرف کننده؟ (رنگ، فرم هندسی، نام و لوگو، ابتکاری بودن).
- ۹- رعایت جنبه‌های اقتصادی؟ (هزینه تمام شده یک پوشش).
- ۱۰- میزان استقبال مصرف کنندگان؟ (بررسی‌های مقدماتی و یا کلی).
- ۱۱- شناخت کافی از رقبا؟
- ۱۲- آیا در حفاظت از بسته در برابر ناخنک زدن (tamperproofness)؟

در زمینه رنگ، اثرات آن می تواند بسیار محسوس و توجه به آن بسیار مفید باشد. رنگ سفید خاموشی و سکوتی زنده را می رساند، احساسی از پاکی و خلوص را در انسان بر می انگیزد، شاد و زنده و لطیف است. رنگ قرمز بعنوان یک عامل تحریک کننده دستگاه گوارش که حتی می تواند بر نحوه گردش خون نیز اثر بگذارد شناخته می شود. 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 القاء خواهد نمود. رنگ نارنجی حتی از رنگ قرمز نیز مؤثرتر است بگونه ای که می تواند تأثیر فیزیکی نیز به همراه داشته باشد. رنگ زرد روشن بیانگر گرمی و لطافت بوده، زرد طلایی و زرد متمایل به سبز بترتیب بیانگر تلاش و سلامتی و سالم بودن خواهند بود. رنگ زرد تیره محرک حواس می باشد. رنگ صورتی گرچه فاقد شادابی رنگ قرمز است اما گفته می شود که حالتی چون صمیمیت و اصالت را تشدید خواهد نمود. رنگ سبز را رنگ آرام نام نهاده اند که در آن تلالو جوانی، رشد و امید را می توان 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 گرفته اند. بنفش حزن و اندوهی توأم با وقار دارد و سالمندان به آن علاقه بیشتری دارند. گاهی رنگ ها، احساس خاصی را تلقین می نمایند. بعنوان مثال رنگ های تیره وزن بیشتر، زرد طلایی تجمل، نارنجی اشتهای کاذب، خاکستری شوری، قهوه ای سوخته، طعم تلخ، سبز، طعم ترش را القاء می نمایند. نکته دیگر در مورد رنگ آن است که همواره استفاده از ترکیب رنگ های متنوع، موثرتر از بکارگیری یک یا چند رنگ انگشت شمار نخواهد بود و بنابراین افراط در استفاده از رنگ می تواند اثر معکوس داشته باشد. البته شیشه های چند رنگ می تواند نوعی اثر مشابه با مشاهده رنگ های موجود در طبیعت را نیز بدنبال داشته باشد. رنگ زرد بر روی زمینه سیاه بیشترین خوانایی را دارد. فن بکارگیری رنگ نیز باید مورد توجه قرار گیرند. مثلاً رنگ ها اگر به صورت نوارهای افقی باشند بسته کوتاه تر و فشرده تر دیده می شود و اگر عمودی باشند بسته را بلند تر جلوه می دهند. رنگ های روشن، بسته ها را بزرگتر نشان می دهند و یا حرکت رنگ از مرکز به کناره ها و روشن تر شدن تدریجی آنها باز می تواند بسته را بزرگتر جلوه دهد. در ارتباط با نکات گرافیکی، 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 بازکننده جعبه بستنی رژیمی و یا کمربند در سس مایونز، در القاء نوعی مفهوم (فراورده رژیمی) به خریدار بسیار موثر است (شکل ۱).



شکل ۱- فراورده رژیمی همراه با نماد متر یا کمربند

در مورد نام می‌توان 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 اشاره نمود. وجود وضوح و به عبارت دیگر عدم وجود پارازیت در ارسال پیام نیز باید مورد توجه خاص قرار گیرد. دلایل انجام بسته‌بندی را در یک نگاه کلی می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- ۱- حفاظت مواد غذایی از آسیب‌های فیزیکی، میکروبی و آلودگی‌ها
 - 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 جمع‌آوری از بازار (recall)
 - ۷- تقلیل ضایعات
 - ۸- امکان استفاده در بحران‌های طبیعی و یا غیرطبیعی (سوانح، جنگ‌ها، قحطی و ...)
 - ۹- امکان عرضه به گروه‌های مختلف با در نظر گرفتن اندازه بسته.
- در این مجموعه و از اینجا به بعد به جنبه‌های تکنیکی بسته‌های مصرفی در صنایع غذایی، در قالب چندین بخش شامل: نحوه تولید و ساخت ظروف شیشه‌ای، ظروف فلزی، آلومینیومی و فولاد قلع اندود، ظروف پلاستیکی، پوشش‌های کاغذی و مقوایی، بسته‌های چوبی اشاره شده و به تفصیل درباره مشخصات و عوامل موثر بر یکایک آنها بحث خواهد شد. همچنین در مواردی به جنبه‌هایی خاص مانند شکل‌دهی به بسته به هنگام تولید ماده غذایی و یا فرآیندهایی که مستقیماً در ارتباط با آن می‌باشند، پرداخته خواهد شد.

فصل سوم: ظروف شیشه‌ای

مقدمه و مزایا

شیشه قرن‌هاست که در اختیار بشر قرار گرفته است. در ابتدا، کاربرد ساده‌ای داشته و از آن جهت تهیه ظروف آبخوری، تنگ‌های آب و مانند آن استفاده شده و میشود (شکل ۱) اما اکنون ماده‌ای است که در صنعت و تکنولوژی کاربرد بسیار وسیعی دارد. مثال‌ها در این زمینه، جاب 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



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

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

عوامل زیادی در بکارگیری ظروف شیشه‌ای دخالت داشته و بعنوان مزایا برای آن بشمار می‌آیند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- شفافیت

از مهمترین مزایای ظروف و بسته‌های شیشه‌ای، شفافیت آنها است که مصرف کننده را قادر می‌سازد تا قبل از خرید فراورده، محتوی آن را مورد بررسی قرار دهد و به این ترتیب لازم است که محتوی بسته شیشه‌ای استانداردهای لازم حداقل از نظر ظاهر را دارا باشد. استفاده از ظروف شیشه‌ای شفاف به تشخیص و هدایت مشتریان کمک می‌نماید.

۲- استحکام

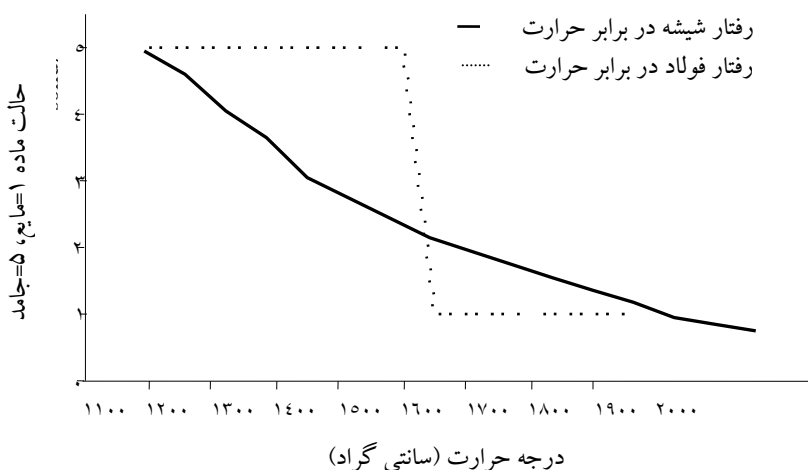
گرچه شیشه یک ماده شکننده است، اما هنگامی که استحکام آن به عنوان مثال از نقطه نظر بار عمودی (head load) بررسی شود، دارای کیفیت قابل ملاحظه‌ای است. شیشه در حالتی که تحت فشار باشد نیز مقاومت بسیار خوبی از خود نشان می‌دهد، هرچند مقاومت آن به کشش چندان قابل توجه نیست. شیشه مانند یک ماده الاستیک از خود رفتار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

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

۳- شکل پذیری

شیشه یک ماده ترموپلاستیک است که تقریباً دارای نقطه ذوب مشخصی نمی‌باشد. تصویر شماره ۲ بطور

شما تیک تغییرات ویسکوزیته تحت تأثیر حرارت در مورد شیشه و فلز را نشان می‌دهد.



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

همانگونه که ملاحظه می‌گردد فلزات ابتدا مقاومت بالایی را به درجه حرارت نشان داده و سپس 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 شکل‌دهی به آن توسط ابزار مناسب براحتی امکان‌پذیر می‌باشد، بگونه‌ای که می‌توان بسته‌هایی که از نظر شکل نیز تداعی کننده محصول هستند (مثلاً عسل در بسته‌های شبیه خرس یا کندو) را تولید نمود. ظروف شیشه‌ای ظروفی میان تهی بوده و بسیار شبیه به ظروف فلزی دو قسمتی می‌باشند و از این رو فاقد هرگونه درز جانبی یا انتهایی هستند. با توجه به اینکه ایجاد شیار بر روی سطح خارجی شیشه در قسمت‌های فوقانی که جهت درندی مورد نیاز می‌باشد (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 در البته در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی کاربرد ندارد. همچنین گاهی

مواد حساس به قلیا بهتر است که در ظروف شیشه‌ای بسته بندی نگردند که این مورد هم بیشتر در مورد برخی داروها و یا فرآورده‌های خونی صدق می‌نماید. به هر روی در صورت نیاز از فرآیند سولفات‌ها کردن جهت زدودن یون‌های سدیم از سطح شیشه استفاده می‌گردد. بدلیل ثبات شیمیایی آنها را می‌توان بدون آنکه دچار هر نوع تخریب سطحی شوند، در یک دوره طولانی نگهداری نمود

۵- مقاومت حرارتی

ظروف شیشه‌ای پس از ساخته شدن، در درجه حرارت نزدیک به ذوب حرارت داده می‌شوند (°C ۵۷۰-۵۴۰) 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 به ترکیب اولیه شیشه مثلاً اکسید بور (boric oxide) مانند آنچه در ظروف بوروسیلیکات (با نام تجاری Pyrex) دیده می‌شود، بشکل محسوسی افزایش داد.

۶- نفوذناپذیری

شیشه به گازها و بخار آب نفوذناپذیر است. نشت گاز CO₂ در نوشابه‌های گازدار در عمل صفر می‌باشد.

۷- رنگ

هرچند اکثر ظروف شیشه‌ای بصورت بی رنگ و شفاف ساخته می‌شوند، اما بدلائل مختلف می‌توان رنگ شیشه را به سبز، کهربایی، شیری رنگ، قهوه‌ای و ... تغییر داد. با توجه به ضرورت استفاده از رنگ در مواردی مانند بسته‌بندی شیر، ماء‌الشعیر و یا نوشابه‌های بدون رنگ (up-type) اهمیت تولید رنگ بیشتر آشکار می‌گردد. جهت ایجاد رنگ در شیشه، از مقادیر جزئی مواد و ترکیبات شیمیایی همچون اکسید کروم (برای رنگ سبز)، آهن، گوگرد و کربن (جهت تولید رنگ زرد کهربایی) و اکسید کبالت (برای رنگ آبی) استفاده می‌شود. 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 رنگ‌گره‌هایی مانند نترات سدیم، سلنیوم، نیکل و کبالت به خمیر شیشه اضافه می‌گردد.

۸- قابل برگشت بودن

در این زمینه هزینه‌های اقتصادی نقش مهمی را ایفا می‌نمایند، زیرا 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، اشاره خواهد شد.

۹- قابلیت استفاده مجدد

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

- ساخت ظروف شیشه‌ای و نکات مهم مربوط به آن

۱- مواد اولیه

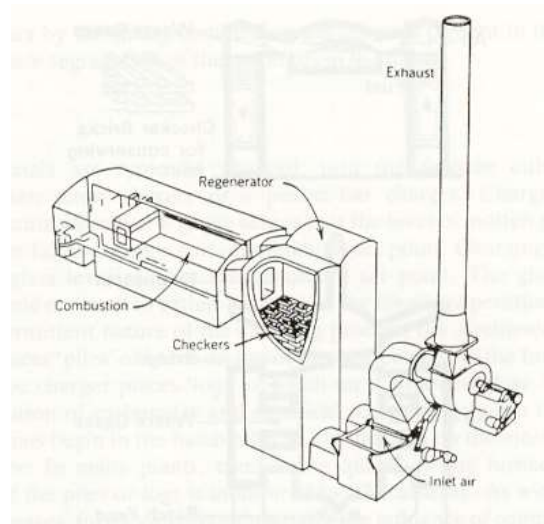
مهم‌ترین ماده مصرفی در تهیه شیشه مذاب و شکل‌دهی آن، سیلیس (SiO_2) می‌باشد که ترکیب عمده شن و ماسه بحساب می‌آید که بطور طبیعی ۹۹ درصد آن را SiO_2 تشکیل می‌دهد. بر حسب مقدار ناخالصی موجود در شن و رنگ شیشه مورد نظر، تصفیه شن صورت می‌گیرد. در صورتی که سیستم برگشت ظروف شیشه‌ای به کارخانه وجود داشته باشد، 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 مجدداً باید ذوب شوند. دو جزء بعدی و مهم، کربنات سدیم (Na_2CO_3) و سنگ آهک (CaCO_3) هستند. این دو ترکیب در فرآیند ذوب دمای ذوب را کاهش داده و تولید مقادیر زیادی گاز دی‌اکسید کربن می‌نمایند که در حین حرارت دادن خارج می‌گردد و همراه خود حباب‌های هوا را خارج می‌نماید. آلومینا (Al_2O_3) هم هرچند نه در حد وسیع در فرمول وجود دارد. عمل اصلی آن بهبود و افزایش پایداری شیمیایی شیشه است. از مواد کمکی جهت افزایش سرعت ذوب و خارج کردن گاز می‌توان استفاده نمود چراکه در غیر اینصورت درجه حرارت‌های بسیار بالا و زمانهای طولانی مورد نیاز خواهد بود تا حباب‌ها کاملاً خارج شوند. از جمله این مواد می‌توان به ترکیبات سولفات یا سولفیدی اشاره نمود. در مورد رنگ، نکته حائز اهمیت آن است که تغییر رنگ از نوعی به نوع دیگر فرآیندی

بسیار زمان بر می‌باشد و معمولاً تا ۳۶ ساعت بطول می‌انجامد. امروزه برای غلبه بر این مشکل بجای افزودن مواد رنگی در کوره، آن‌ها را در پیشانی کوره (forehearth) که کوره را به دستگاه تولید ظروف شیشه‌ای متصل می‌کند، اضافه می‌نمایند، هر چند با توجه به این که کوره اصلی، حاوی شیشه مذاب بی‌رنگ است، بنابراین نمی‌توان ضایعات شیشه رنگی که بدین ترتیب ساخته شده را به کوره بازگرداند. انتقال مواد خام به درون کوره به دو روش استفاده از ماریچ ارشمیدسی و یا تیغه‌های عمودی متحرک (مانند آنچه در قسمت جلویی یک بولدوزر دیده می‌شود)، انجام می‌گیرد. معمولاً ماریچ، مواد را بصورت تپه‌ای (pile) وارد کوره می‌کند، حال آنکه ورود مواد توسط تیغه الوار مانند (log) خواهد بود. در هر صورت تجزیه ترکیبات کربناته و انجام برخی از واکنشهای شیمیایی در بدو ورود مواد اولیه و هنگامی که بصورت شناور بر روی توده مذاب قرار می‌گیرند، صورت خواهد گرفت.

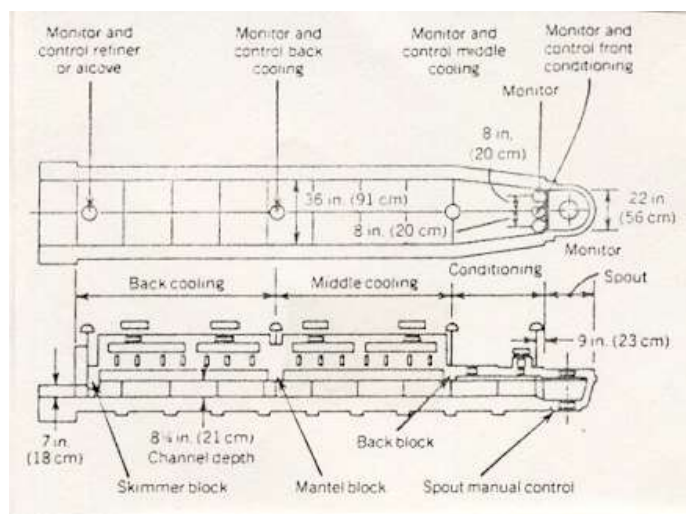
۲- کوره و تجهیزات وابسته به آن

کوره معمولاً 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، هر چند 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 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 شیشه به گلو شتر (depressed throat) به یکدیگر متصل هستند. در قسمت اول مواد ورودی به صورت مذاب درآمده و ناخالصی‌ها رسوب می‌نمایند. شیشه مذاب تحت تاثیر حرکت رانشی و از طریق شتر گلو از قسمت اول (پیش کوره) به قسمت دوم یا محفظه کار (working chamber) وارد می‌شود. هدف عمده از تعبیه بخش دوم در کوره اولاً تهیه شیشه مذاب با خلوص بالا و ثانیاً کاهش اندک درجه حرارت است بگونه‌ای که بتوان در مراحل بعدی شیشه مذاب را براحتی وارد ماشین‌های ساخت شیشه نمود. سطح فوقانی کوره از قطعات سیلیسی خالص و بصورت مشبک (checkers) و هلالی شکل ساخته می‌شود تا ضمن انعکاس حرارت به سطح توده مذاب شیشه، به خروج گازها نیز کمک نماید. در کوره‌ها بخشی به نام «بازیاب حرارتی» (regenerator) قرار دارد که وظیفه آن بازیافت حرارت

خروجی از کوره و بازگرداندن آن به کوره می‌باشد. (شکل ۳) شیشه کاملاً مذاب همانگونه که ذکر شد 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 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).

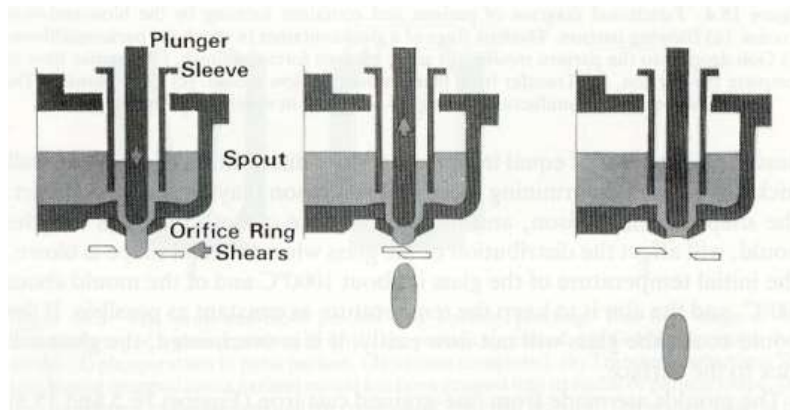


شکل ۳- ساختمان کوره ذوب شیشه

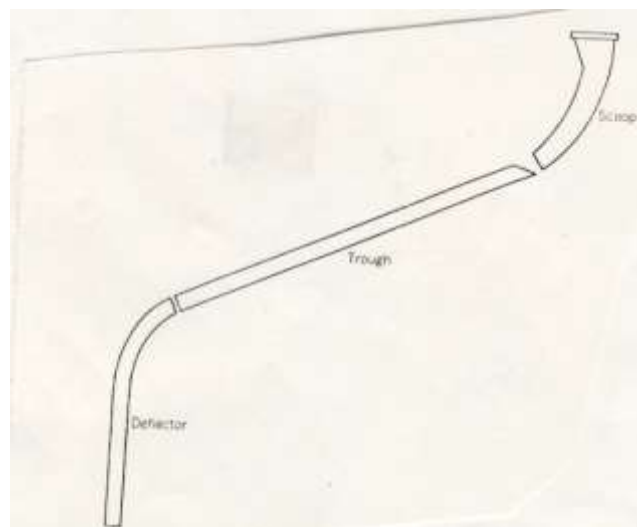


شکل ۴- نمای کناری و از بالای دستگاه پیشانی کوره

لقمه‌ها (که برحسب اندازه ظرف، دارای حجم و وزن متفاوتی می‌توانند باشند) توسط قیچی‌های افقی (shears) بریده شده وارد ناودان (scoop) می‌شوند. ناودان از طریق یک بخش میانی (through) و یک منحرف کننده (deflector) (شکل ۶) به ماشین‌های شکل دهنده لقمه (Individual – section glass forming machine یا Is machine) متصل می‌شود.



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

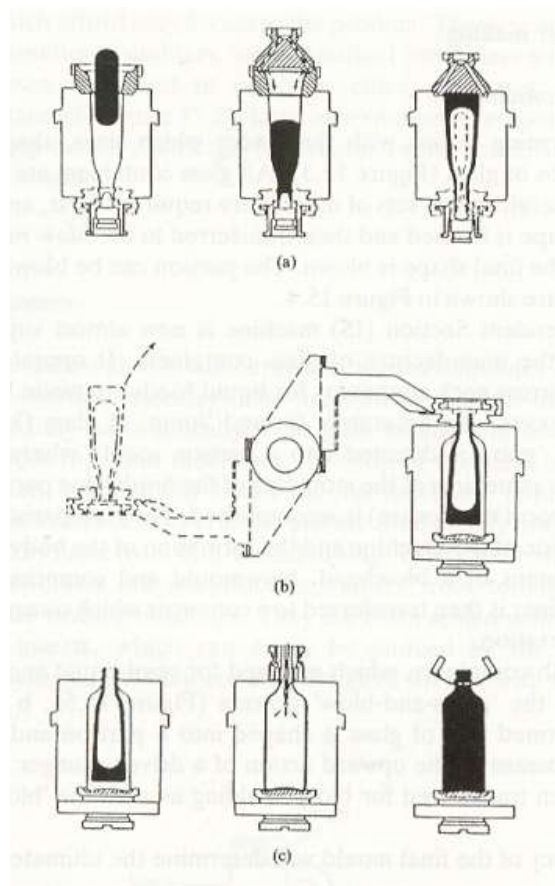


شکل ۶- ناودان مخصوص حمل لقمه به قالب

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 از دو نوع سیستم که هر کدام از دو مرحله تشکیل شده است، جهت شکل دهی استفاده می‌نماید. در مرحله اول تبدیل لقمه به یک ظرف اولیه به نام parison است که در مرحله بعد این ظرف اولیه تبدیل به ظروف نهایی خواهد شد. دو سامانه که جهت تولید ظروف شیشه‌ای مصرفی جهت

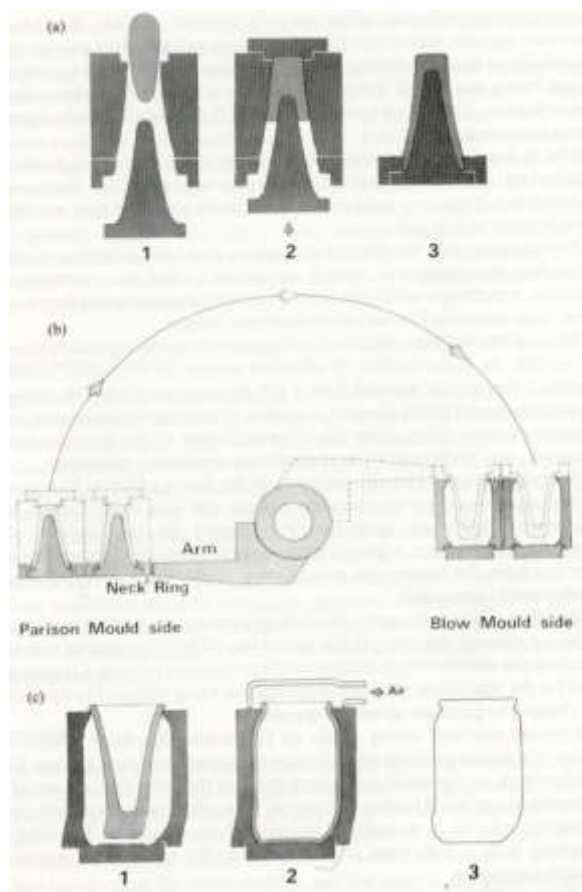
بسته‌بندی بکار می‌رود شامل روش دمیدن و دمیدن (blowing and blowing) است که از آن جهت تولید ظروف دهانه تنگ استفاده می‌شود و دیگر روش پرس کردن و دمیدن (pressing and blowing) می‌باشد که از آن برای تولید ظروف دهانه گشاد (jars) بهره گرفته می‌شود. در هر دو حالت ماده اولیه تکه (lump) و یا لقمه (gob) است که در مرحله اول توسط جریان هوا و یا یک سمبه (plunger) به شکل یک جسم میان تهی که تا حدودی شباهت به یک مخروط دارد در می‌آیند و سپس در مرحله بعد با استفاده از دمیدن به شکل نهایی تبدیل خواهد شد. در سیستم اول پس از آنکه قالب که شامل دو نیمه مجزا از هم می‌باشد بسته شد لقمه از بالا وارد قالب می‌گردد. در این مرحله قالب به صورت واژگون قرار دارد، بگونه‌ایی که قسمت فوقانی مخروط در پایین قرار گرفته است. پس از آنکه لقمه کاملاً در انتهای قالب قرار گرفت، ضمن آنکه مرحله تشکیل finish صورت می‌گیرد، از بالا قالب بسته می‌شود. سپس هوا به درون لقمه دمیده شده تا شکل اولیه (parison) بدست آید. آنگاه، قالب همراه با parison به صورت «سرپا» در آمده و مجدداً در آن دمیده می‌شود تا شکل نهایی بدست آید. (شکل ۷) در انتها قالب باز شده ظرف خارج خواهد شد (شکل ۸). در سیستم دوم، در مرحله اول، کار تبدیل لقمه به یک جسم میان تهی اولیه را یک سمبه بعهده دارد. این ظرف اولیه و میان تهی پس از آنکه بصورت «سرپا» قرار گرفت توسط جریان هوا به شکل نهایی که عموماً یک ظرف دهانه گشاد است درخواهد آمد. (شکل ۹) نکته مهم در هر دو سیستم تنظیم درجه حرارت است بگونه‌ایی که درجه حرارت لقمه در بدو ورود حدود ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد و قالب‌ها حدود ۵۰۰°C باشد درجه حرارت‌های کمتر باعث می‌شود تا شیشه بخوبی قابلیت شکل‌پذیری نداشته باشد و درجه حرارت‌های بالاتر هم باعث می‌شود تا لقمه به سطوح بچسبد و یا بعد از شکل‌گیری تقارن خود را از دست بدهد. قالب‌ها از استیل ضد رنک ساخته می‌شود و کاملاً سطح آنها صیقلی و صاف است ولی به‌رحال، به مرور زمان دچار فرسایش شده و باید تعویض گردند. این امر خصوصاً در مواردی مانند اندازه و قطر بدنه و finish و نیز دو محل اتصال قالب‌ها به یکدیگر بسیار اهمیت دارد. نکته جالبی که در ماشین‌های IS (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 محصولات نیازمند لقمه‌ایی با یک وزن مشخص باشند.



شکل ۷- شمای روش دمیدن و دمیدن جهت تولید بطری



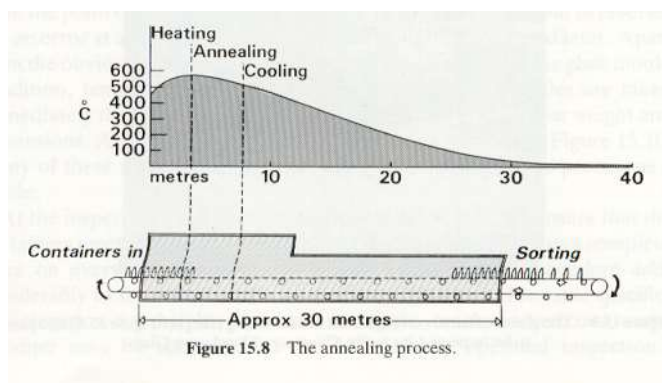
شکل ۸- قالب بطری باز شده



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، در این حالت تفاوت سرعت انقباض در بخش‌های مختلف شیشه باعث بوجود آمدن نوعی استرس در آن خواهد شد بگونه‌ایی که مظروف از ثبات کافی برخوردار نیست. این امر از آن رو اتفاق می‌افتد که اصولاً شیشه هادی حرارت خوبی نیست. با توجه به اینکه گرما در شیشه باقی می‌ماند، سطح داخلی دیواره ظرف با سرعت کمتری نسبت به سطح خارجی خنک خواهد شد و حتی بدنه شیشه در میان دو سطح دیرتر خنک می‌گردد. بنابراین لازم است به نوعی سرعت خنک کردن و انقباض ناشی از آن در شیشه تا سرحد امکان به شکل یکنواختی باشد. برای انجام این امر، ظروف ساخته شده به ماشین دیگری به نام ماشین استرس زدایی لِر (Lehr)، که در واقع نوعی تونل طویل است منتقل می‌شوند. در این تونل درجه حرارت به حدود 600°C می‌رسد و سپس به تدریج عمل خنک کردن صورت می‌پذیرد (شکل ۱۰). طول تونل حدود ۴۰ متر است و درجه حرارت در انتهای آن به حدود ۳۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید.



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

۶- استرس‌ها

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

الف: فشار داخلی (مثبت یا منفی)

در فراورده‌هایی که تحت فشار یا تحت خلا بسته‌بندی آنها در ظروف شیشه‌ای انجام می‌گیرد دیده می‌شود. در یک بطری فشار داخلی عمدتاً باعث بروز استرس‌های محیطی (محیط ظرف) و طولی خواهد شد. در

بخش استوانه‌ای، استرس محیطی (S) بستگی به قطر بطری (d)، ضخامت شیشه (t) و فشار وارده (p) دارد و می‌توان آن را به شکل ذیل محاسبه نمود.

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

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

ب: استرس‌های ناشی از بار عمودی

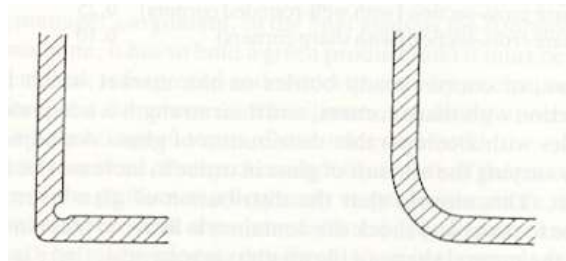
این نوع استرس بدلیل روی هم چیدن ظروف و یا به هنگام دربندی (طشتک زنی) ایجاد می‌شود. این نیروها بیشتر به نواحی شانه و پاشنه ظروف وارد می‌شود و می‌توان با طراحی مناسب اثر آن را کم نمود. از جمله می‌توان تفاوت مابین قطر بدنه و قطر گردن را کاهش داد که در واقع افزایش شعاع شانه ظرف را در بر خواهد داشت. همچنین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

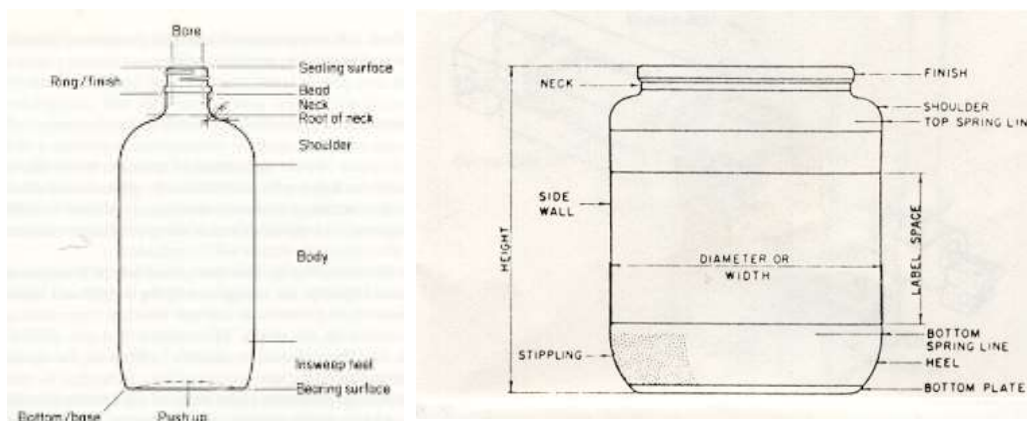
که به هنگام تغییرات سریع حرارتی مثلاً در پاستوریزه شدن و یا پرکردن محصول به صورت گرماگرم (hot filling) دیده می‌شود. این نوع استرس‌ها را می‌توان با محدود نمودن تفاوت درجه حرارت در قسمت‌های سرد و گرم، کاهش ضخامت شیشه و اجتناب از ایجاد زوایای تند در ساختار شیشه خصوصاً در قسمت پاشنه (thin spot) از بین برد و یا کاهش داد. (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- تاثیر شکل زوایای بر استحکام ظروف شیشه‌ای

۷- واژه‌شناسی ظروف شیشه‌ای

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



شکل ۱۲- بخش‌های مختلف یک ظرف شیشه‌ای

۸- تیمارهای سطحی

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

الف: تیمار گرم

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

ب: تیمار سرد

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

ج: پوشش با توکیبات پلی‌مری

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



شکل ۱۳- دو نوع sleeve مناسب برای ظروف شیشه ای

۹- کاهش وزن شیشه

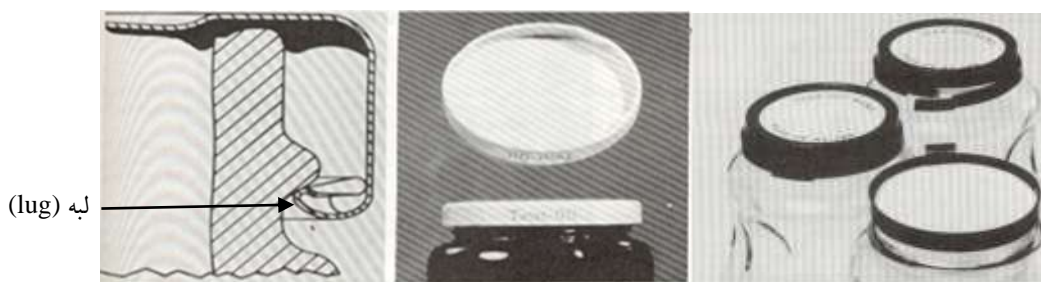
تلاش زیادی بعمل آمده است تا از وزن ظروف شیشه‌ای کاسته شود. این کاهش علاوه بر مصرف کمتر مواد اولیه، باعث صرفه‌جویی در هزینه‌های حمل و نقل نیز خواهد شد. البته توجه به طراحی و نحوه انتقال حرارت می‌تواند راهگشا باشد. کاهش ضخامت هرچند آسیب‌پذیری را افزایش می‌دهد اما در عین حال با توجه به اینکه در نحوه تعامل 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 دربندی در محدوده فوق، همگام با کاهش ضخامت توصیه می‌گردد.

۱۰- در ظروف شیشه ای

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 قلع‌اندود یا آلومینیوم ساخته شده که در قسمت داخلی دارای پوششی که معمولاً نوعی ترکیب پلی‌مری است، می‌باشد. برای آنکه دربندی به شکل محکمی انجام شود از روشهایی مانند فشار دادن، پیچیدن، چرخاندن و مانند آنها استفاده می‌گردد. درها ممکن است به صورت تاجی شکل، لبه‌دار و چرخشی دیده شوند.

الف: در ظروف دهانه گشاد:

دو نوع در guard-seal و tamper-seal از انواعی هستند که به شکل گسترده‌ای از آنها در مواردی که محصول تحت خلاء عرضه می‌شود، استفاده می‌شود. در این نوع دربندی نوعی قسمت یقه مانند، لبه‌های در و بخشی از شانه ظرف را می‌پوشاند. (شکل ۱۴).



شکل ۱۵- در از نوع twist off

شکل ۱۴- درهای نوع guard-seal

از درهای لبه‌دار (lug cap) برای بسته‌بندی میوه‌ها و سبزیها، ترشی‌ها، مرباها، ژله‌ها، آب‌میوه‌ها استفاده می‌شود. به این نوع درها press-on twist off گفته می‌شود. شکل‌های ۱۵ و ۱۶ این نوع درها را نشان می‌دهند که با فشار لبه، در بر روی finish ظرف شیشه‌ای درگیر می‌شود. در مخصوص ظروف لیوانی شکل که از تعداد بیشتری لبه (lug) برخوردار است، نیز از همین دسته محسوب می‌شود (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 می‌گردند. در حالت دوم در crown به معنی تاج نامیده شده و معمولاً از جنس فولاد قلع اندود است و دارای لبه کنگره‌دار (fluted-skirt) بوده که بعد از قرار گرفتن بر روی دهانه بطری، بدور finish جمع (crimp) می‌شود (شکل ۱۸ الف).



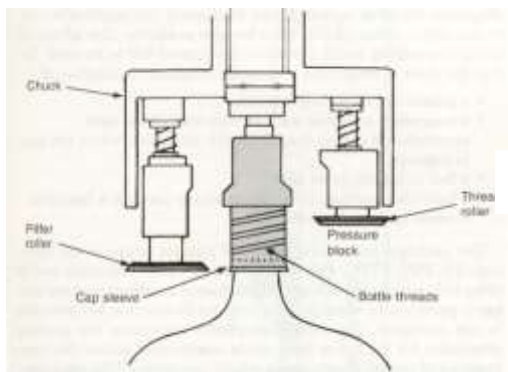
شکل ۱۸ الف- تصویر کراون قبل از در بندی

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).



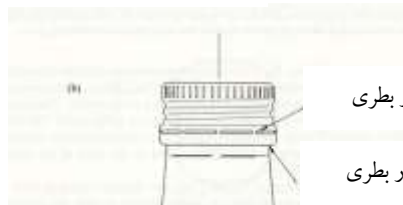
شکل ۱۸ ب- finish شیار دار قابل پیچش با کراون

برخی درهای بطری که قابل بسته شدن مجدد هستند عموماً 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).



در آلومینیومی بطری بدون شیار

در آلومینیومی دارای شیار



پلهای اتصال دهنده نوار به در بطری

نوار پایین در بطری

شکل ۱۹- در بند که با فشار شیار روی شیشه را بر روی در حک می کند

این نوع درها دارای نواری نازک در بخش پایینی هستند که با پل هایی به در اتصال دارند و نقش ضد ناخنک زدن (tamperproof or pilfer-proof) را بعهده دارند. تمامی درهای ظروف دهانه تنگ نیز از داخل با لایه ای از مواد پلی مری پوشیده شده اند. به این لایه ها آستری (liner) گفته می شود. آخرین نکته درباره "در" ظروف

آن است که 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.



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

شکل ۲۰- درهای پلیمری بدون لاینر، دارای لبه داخلی

پ: در آسان باز شو:

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

لبه که فقط به شیار متصل است



صفحه مدور بالایی که تحت تاثیر خلأ به لبه بالای ظرف چسبیده است

شکل ۲۱-نمایی از یک بسته شیشه ایی تحت خلأ با در آسان باز شو

از جمله موارد رایج در بسته های شیشه ایی آن است که پس از دربندی، از طوقهای پلیمری که پس از حرارت دیدن جمع شده و ظرف را از ناحیه گردن و شانه به در متصل می نمایند، جهت جلوگیری از ناخنک زدن به بسته، 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 فلزهایی است که جهت ساخت ظروف بسته‌بندی در حد وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آن همچنین بصورت ورقه‌های نازک (foil) و یا لوله‌های قابل جمع شدن نیز استفاده می‌گردد. آلومینیوم عنصری نقره‌ای رنگ است که خاصیت چکش‌خواری و لوله شدن بسیار خوبی دارد. وزن مخصوص پائین، قدرت انعکاس نور، مقاومت به اکسید شدن از دیگر مزایای این عنصر می‌باشند. آلومینیوم سومین عنصر فراوان در پوسته زمین است که همواره بصورت ترکیب با سایر عناصر وجود داشته و بصورت املاحی مانند بوکسیت، کوراندوم (corundum)، تورکوئیز (turquoise)، اسپانیل (spinel)، کائولین (kaolin)، فلدسپات (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. معمولاً 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 فلوئور مضاعف سدیم و آلومینیوم حل می‌شود. این عمل در ظروف فولادی که دیواره آنها با کربن پوشیده شده است انجام می‌گیرد. با ورود آند زغالی (کربنی) به درون محلول جریانی معادل ۱۵۰۰۰۰-۵۰۰۰۰ 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 سپس 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 و از ضخامت حدود ۷ میلی‌متر تبدیل به نواری با ضخامت ۰/۶ میلی‌متر خواهد رسید. در مرحله

بعد ابتدا عمل استرس زدایی (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 مجدداً و توسط غلطک‌هایی، ضخامت آن به ۰/۰۰۲-۰/۰۰۷ میلی‌متر رسید، مجدداً استرس زدایی می‌گردد. از نازک‌ترین ورقه‌های تولید شده در بسته‌های قابل انعطاف استفاده می‌شود. ورقه‌های ضخیم‌تر (۰/۱ تا ۰/۲ میلی‌متر) جهت تولید قوطی بکار گرفته می‌شود. استفاده از غلطک‌های سرد جهت کاهش ضخامت اگر همراه با استرس زدایی نباشد باعث می‌گردد تا آلومینیوم شکننده گردد که اصطلاحاً به آن hard-temper (h-temper) گفته می‌شود و در مواردی که انعطاف پذیری مورد نیاز است مناسب نیست، هرچند که از آن جهت می‌توان برای بسته‌بندی پلیستر (blister) مانند آنچه در مورد درازها در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی معمول می‌باشد، بهره گرفت. در این موارد با فشار آوردن به دراز از روی پوشش پلاستیکی، ورقه آلومینیومی براحتی پاره خواهد شد. معمولاً ورقه‌های آلومینیومی بسیار نازک از خلوص بالایی برخوردار هستند و میزان منیزیم و منگنز در آنها بسیار ناچیز بوده و یا اصلاً وجود ندارد. از این نوع آلومینیوم تحت عنوان سری ۱۰۰۰، انواع ۱۰۵۰، ۱۱۰۰ و ۱۲۳۵ را می‌توان نام برد که همگی جهت تولید انواع ورقه‌های نازک (از ته) 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 و یا در تاجی شکل (crown) نوبه‌ها استفاده می‌گردد. از آلیاژهای سخت‌تر آلومینیوم که دارای درصد‌های بالاتری از این دو عنصر باشند، مثلاً سری ۵۱۸۲ که دارای ۴ تا ۵ درصد منیزیم است، برای ساخت انتهای فوقانی قوطی‌ها (در) استفاده می‌شود. جدول ۱ تعدادی از این آلیاژها همراه با عناصر موجود در آنها و کاربرد هر یک را نشان می‌دهد.

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

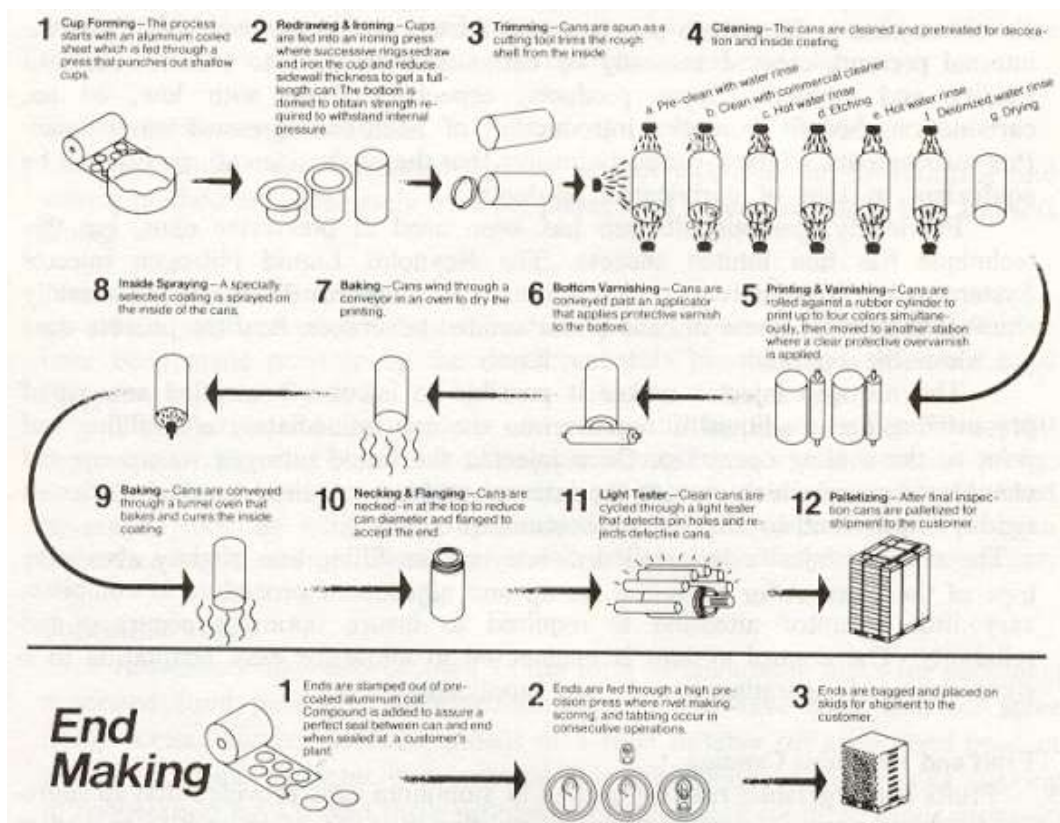
نوع آلیاژ	کاربرد(ها)	سیلیس	آهن	مس	منگنز	منیزیم	کروم	روی	تیتانیوم
۱۰۵۰	ورقه‌ها و لوله‌ها	۰/۲۵	۰/۴	۰/۰۵	۰/۰۵	-	-	۰/۰۳	۰/۰۳
۱۱۰۰	ورقه‌ها و لوله‌ها	۰/۴	۰/۶	۰/۰۵	۰/۰۵	-	-	۰/۱	-
۳۰۰۳	دیواره قوطی‌ها		۰/۷	۰/۰۵	۱/۵	-	-	۰/۱۰	-
۳۰۰۴	در بطری‌ها	۰/۳	۰/۷	۰/۲۵	۱/۵	۱/۳	-	۰/۲۵	-
۵۰۸۲	در قوطی‌ها	۰/۲	۰/۳۵	۰/۱۵	۰/۵	۵	۰/۱	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: غیرقابل نفوذ به بخار آب بگونه‌ای که در ضخامت ۸/۹ میکرومتر کمتر از ۰/۳ گرم بخار آب به ازای هر مترمربع در ۲۴ ساعت و در درجه حرارت ۳۸ درجه سانتیگراد، بخار آب از آن عبور می‌نماید. ضخامت ۲۵/۴ میکرومتر و بالاتر هیچگونه بخار آبی را از خود عبور نمی‌دهد و در صورتی که ضخامت ورقه به ۸/۹ میکرومتر رسیده، و لایه‌ای از مواد پلی‌مری بر روی آن قرار می‌گیرد نیز عملاً بخار آب از آن عبور نخواهد کرد. آلومینیوم نفوذناپذیری خوبی نیز به گازها دارد.
- 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: شکل‌پذیری 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 که با حرارت براحتی قابل 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: آتشگیر نبودن که از آن برای جلوگیری از آتش گرفتن‌های خودبخود مواد پلی‌مری استفاده می‌شود، بدین ترتیب که در میان لایه‌های پلیمری قرار گرفته از تجمع الکتریسیته ساکن در آنها جلوگیری می‌نماید.
- 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

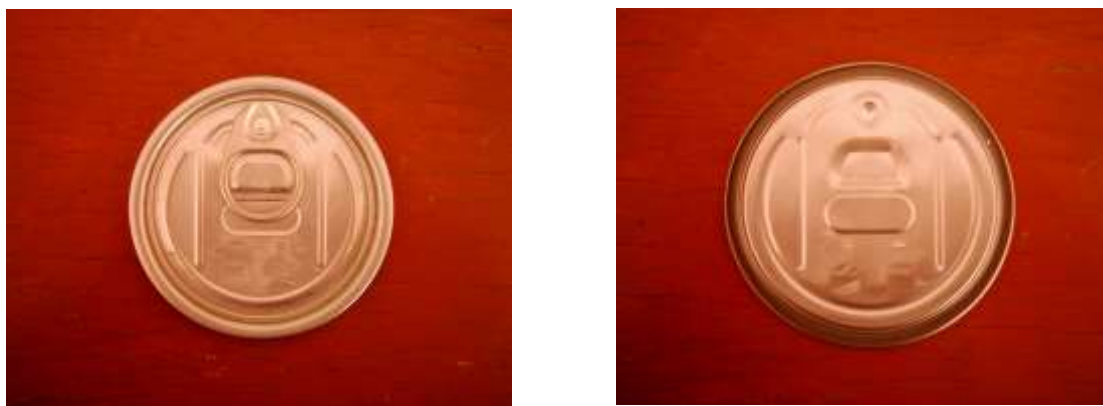
هرچند استفاده از ورقه آلومینیومی و تبدیل آن به قوطی سابقه بسیار طولانی دارد، اما تهیه قوطی‌های دو قسمته (که اکنون نیز نیاز بازار را به شکل وسیعی تأمین می‌کند) از حدود اواسط دهه ۶۰ میلادی آغاز شد. این قوطی‌ها صرف نظر از آنکه نشت در آنها بواسطه عدم وجود درز جانبی کمتر اتفاق می‌افتد، براحتی قابل بازیافت بوده و عامل بزرگی در صرفه‌جویی 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 دو روش drawn and Ironed و یا فرآیند draw and redraw انجام می‌گیرد. در هر دو روش مراحل اولیه مشابه یکدیگر می‌باشند. ابتدا دیسک (صفحات 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. از این مرحله به بعد دو روش فوق دارای تفاوت‌هایی هستند. در روش اول (D&I). فنجان با فشار یک سمبه از میان یک سری از قالب‌هایی که قطر آنها رفته رفته کوچکتر می‌شود عبور داده می‌شود. بدین ترتیب بدنه ظرف کشیده شده و از ضخامت آن کاسته خواهد شد. در روش دوم (D&R-D) نیز مانند روش اول، فنجان با فشار سمبه از میان قالب‌ها عبور می‌نماید اما در حالت دوم، محیط فنجان صرفاً تا حدی که کمی از ضخامت آن کاسته شود کشیده خواهد شد. به این ترتیب ضخامت فنجان اولیه کمی بیشتر از آنچه در روش اول به دست می‌آید خواهد بود. 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 اکثر قوطی‌ها دارای گردن بطرف داخل (neck-in) هستند که البته بیشتر در قوطی‌هایی که به روش D&I تهیه می‌شوند صدق می‌کند گردن‌گذاری بر روی قوطی باعث می‌شود تا از قطر درب کاسته گردد. در قوطی‌ها هم با استفاده از پرس بصورت صفحات کروی شکل در می‌آید



شکل ۱- مراحل ساخت قوطی به روش D&I

. این صفحات وارد پرس دیگری می شوند که با دقت فراوان عمل «خط زنی» (scoring) را با ایجاد

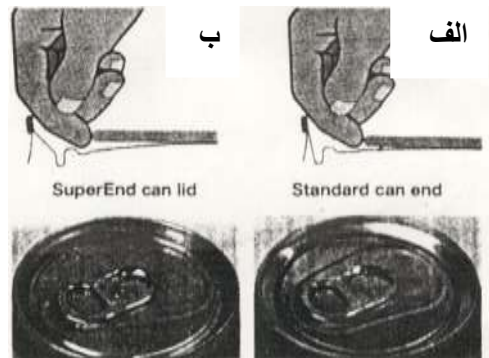
شیارهای کم عمق انجام می دهد. همزمان گیره مخصوص بر روی آن پرچ (rivetting) می گردد (شکل ۲).



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

گیره ها در ابتدا بصورت کامل جدا می شد و گاهی با افتادن به درون قوطی مشکلاتی را پدید می آورد ولی اکنون بدلیل قابل چرخش بودن کمتر این مشکل بروز می کند و پس از باز شدن در کماکان بر روی آن باقی می ماند. نوع جدیدتر این نوع گیره ها 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 ۳- گیره استاندارد (الف) و گیره های جدید (ب)

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

جدول ۲- لعاب های مورد استفاده جهت پوشش سطح داخلی قوطی آلومینیومی

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

۵- کاهش وزن قوطی

همانگونه که ذکر شد وزن هر هزار قوطی اولیه به ۱۹ کیلوگرم می‌رسید. این وزن اکنون کمتر از ۱۳ 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 مثلاً ساختار گنبدی شکل، ضخامت به $320 \mu\text{m}$ رسیده و در آینده نزدیک به ضخامت‌های حدود ۲۵۰ میکرومتر نیز خواهد رسید. در مورد در همانگونه که قبلاً ذکر شد با افزایش مقدار عناصری چون منیزیم و منگنز، مقاومت آن را افزایش داده و در مقابل از ضخامت آن کاسته‌اند.

ب - کاهش ضخامت بدنه:

در مورد ضخامت بدنه نیز امروزه به جای ضخامت‌های 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 گردن‌گذاری بر روی قوطی است. این گردن می‌تواند بصورت ساده (spin neck) و یا پلکانی دیده شود (شکل ۴)



شکل ۴- قوطی‌های آلومینیومی با گردن‌های ساده و پلکانی

امروزه تهیه قوطی‌هایی با ۴ گردن کاملاً 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.

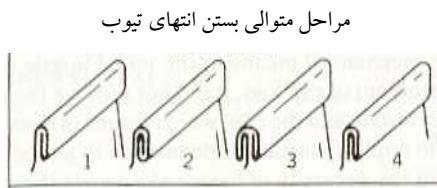
جدول ۳- اثر ایجاد گردن بر قطر قوطی آلومینیومی

نوع قوطی	قطر (سانتی‌متر)	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 قوطی حفظ شود. در مورد قوطی‌های نوشابه گازدار این عمل با استفاده از گاز کربنیک موجود صورت می‌گیرد. در سالهای اخیر، تزریق گاز ازت بصورت استفاده از نیتروژن مایع و بلافاصله پس از پر کردن فراورده در بسته و قبل از دربندی این امکان را فراهم آورده است که به فشار بیرونی برابر با فشار موجود درون قوطی‌های نوشابه گازدار دست یافت. در این سیستم دستگاه تزریق مستقیماً بر روی خط پرکن کمی بالاتر از در فوقانی قوطی‌ها نصب می‌شود.

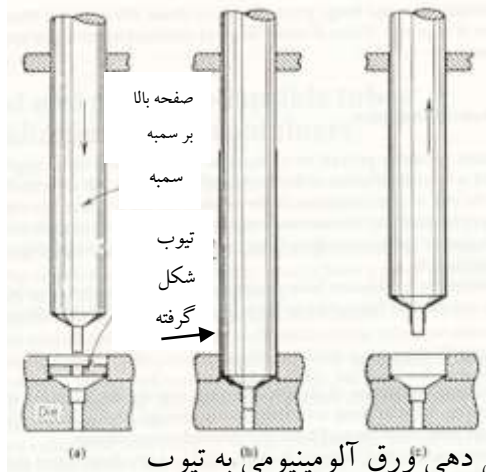
۶- لوله‌ها (تیوب‌های) آلومینیومی قابل انعطاف

از این نوع بسته‌ها، در ابتدا برای مصارفی غیر غذایی، مانند خمیردندان استفاده می‌شد، ولی اکنون از آنها برای بسته‌بندی مواد غذایی نیز استفاده می‌گردد. فراورده‌هایی که به این روش بسته‌بندی می‌شوند نه تنها دارای عمر نگهداری بسیار خوبی هستند، بلکه استفاده از آنها بسیار راحت و آسان است، بگونه‌ای که بعنوان مثال می‌توان با قرار دادن یک قاشق پلاستیکی یکبار مصرف از آنها به شکل مناسبی جهت تغذیه کودکان و یا بیماران استفاده کرد. تولید لوله‌های آلومینیومی بسیار شبیه به ساخت قوطی‌های دو قسمته است. فرآیند به این ترتیب است که ورقه آلومینیومی نسبتاً خالص (بترتیبی که 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 محصول که از طریق انتهایی صورت می‌گیرد، 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. مزیتی که این نوع بسته‌ها در مقایسه با سایر ظروف دارند آن است که در حین استفاده از محصول، حجم بسته نیز کاهش می‌یابد، بطوریکه 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، صادق می‌باشد.



مراحل متوالی بستن انتهای تیوب

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 مثلاً در مورد سس سیب (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 دسته اخیر در قوطیهای آلومینیومی بیشتر از میوه‌ها است.

ب: گوشت قرمز، ماهی و غذاهای دریایی

آلومینیوم پوشش بسیار مناسبی برای این دسته از مواد است و لکه‌های سیاه ناشی از واکنش آهن با سولفید موجود در فرآورده گوشتی، در فراورده‌های 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 محصول غذایی که در ظروف (قوطی) آلومینیومی بسته‌بندی می‌شود، به شمار می‌آیند. مطالعات نشان داده است که گاهی نوشابه‌هایی که دارای پایه سیتروسی هستند، بعد از 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 پر کردن بصورت گرماگرم (hot filling) صورت بگیرد (مثلاً 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 پلی اتیلن، پلی استر، PVC، سلولز استات، کاغذ کرافت، کاغذ مومی، کاغذ گلاسه، PVDC، کاغذ آغشته به PVDC نشان می‌دهد که آلومینیوم در مواردی مانند مقاومت به بخار آب، مقاومت به عبور گاز، مقاومت در برابر جذب عطر و بو، مقاومت به آب و چربی نسبت به سایر لایه‌ها از موقعیت بسیار بهتری برخوردار است و صرفاً از نظر مقاومت به خوردگی است که در مرتبه پائین تری نسبت به پلی استر، پلی اتیلن، PVDC، PVC و کاغذ آغشته به PVDC قرار می‌گیرد. ضمناً 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 در کانادا، ۹۶ درصد قوطی‌های نوشابه آلومینیومی بفروش رفته، بازیافت شده و مجدداً در چرخه قرار می‌گیرند.

فصل پنجم: فولاد قلع اندود (حلبی)

مقدمه

استفاده از ورق فولاد قلع اندود جهت بسته‌بندی 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. در همان زمان مهندسی انگلیسی به نام برایان دانکین (Bryan Donkin)، شروع به تولید قوطی از ورق قلع اندود جهت بسته‌بندی مواد غذایی دریاوردان نمود. ورق‌ها در آن موقع نسبتاً ناهموار بوده و دارای پوششی ضخیم از قلع بودند و قلع اندود کردن نیز به روش غوطه وری انجام می‌گرفت. در سال ۱۸۱۹ ب 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 کارخانجات ذوب، به صورت آهن مذاب درآمد، توده مذاب در کارگاههای ریخته‌گری به شکل تختال (slab) ضخیم طویل در می‌آید. معمولاً تختالی که برای تولید ورق مورد استفاده قرار می‌گیرد، از نوع کم کربن است. طول تختال بین 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، استرس زدایی شده تا بدین ترتیب سختی و سطح صاف مورد نظر بدست آید. تنش زدایی یا آنیل محفظه‌ای (box annealing)، شامل حرارت‌دهی و خنک سازی

آرام کلاف‌ها به منظور از بین بردن تنش‌های تولید شده در حین نورد سرد است. این فرآیند که در یک محفظه آب‌بندی شده انجام می‌گیرد با وارد کردن گاز خنثی یا گازی که به طور جزئی احیا باشد، سطحی براق ایجاد می‌نماید. با توجه به اینکه هر چه از ضخامت ورق کاسته شود، صرفه‌جویی بیشتری در هزینه‌ها صورت خواهد گرفت. با توجه به اینکه 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 به DCR (cold reduced double) موسوم می‌باشند، معمول می‌باشد.

در صورتی که تختال‌ها بعد از شکل‌گیری به انبار تختال منتقل شده باشند، ابتدا در کوره‌هایی 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 نسبتاً 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 ۸۰-۶۵ درجه سانتی گراد و زمان اسید شویی ۴-۲ دقیقه است. ورق‌ها سپس از میان حوضچه روان ساز به عمق ۵-۲/۵ سانتی متر عبور می‌نمایند. روان ساز مورد استفاده معمولاً کلرور روی ($Zn Cl_2$) محلول در آب است که حاوی مقداری کلرید آلومینیوم نیز می‌باشد. سرعت عبور ورق از میان محلول روان ساز حدود 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 غلطک‌های خشک کن عبور می‌نمایند.

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 عمل قلع اندود کردن به روش الکترولیتی را می‌توان در شکل ۱ مشاهده نمود.



شکل ۱- نمودار تولید ورق قلع اندود

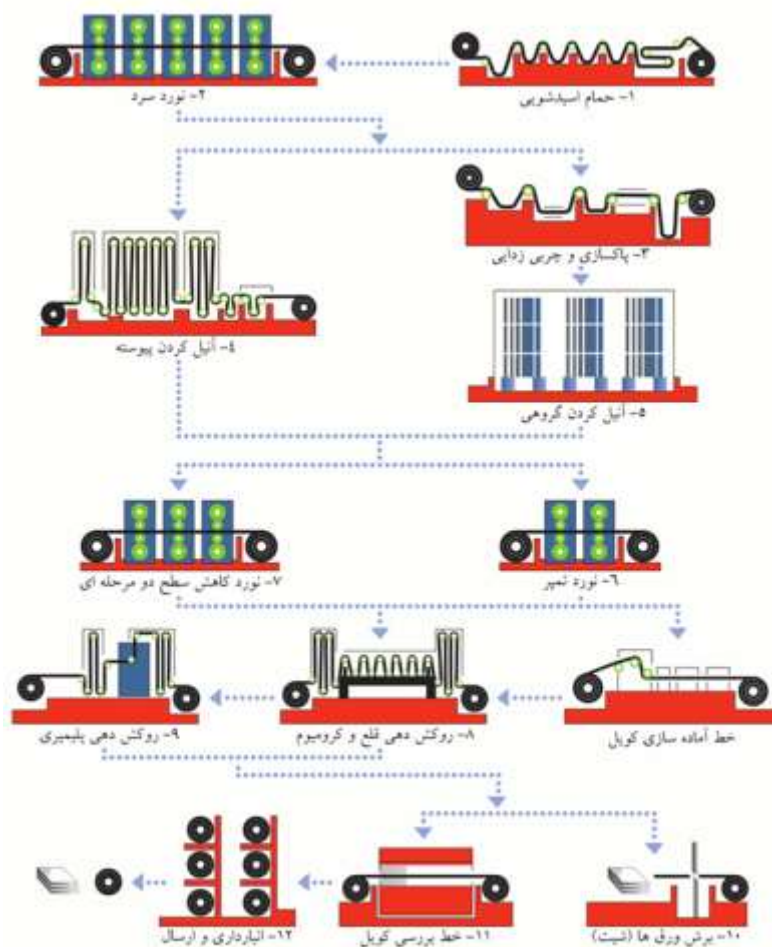
ورق‌های حاصل از نورد سرد، پس از باز شدن، توسط قلیا، آب و اسید شسته می‌شود. در مرحله شستشوی قلیایی، گرد و خاک، ذرات فلزی و جامدات موم مانند جدا می‌شوند. تمیزکننده‌های قلیایی مخلوطی از نمک‌های معدنی همراه با مقادیر کمی خیس کننده‌ها هستند تا بتوانند تمیزکاری را از طریق صابونی شدن و تشکیل امولسیون را بهبود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

آبکاری (الکترولیتی) می نمایند. این بخش خود از چندین سلول آب کاری (معمولاً ۱۲-۵ عدد) تشکیل شده است. در ابتدای بخش، سلول آب کاری اولیه قرار دارد که حاوی الکترولیتی کاملاً یا تا اندازه ای متفاوت با حمام اصلی است. در این سلول ها شمش خالص قلع، آند و ورق، کاتد را تشکیل می دهد. ورق قلع اندود و الکترولیتی را می توان 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 می کند و ضخامت نهایی پوشش با عبور نوار از یک سلول به سلول بعدی بدست می آید. بعد از خروج نوار از آخرین سلول آب کاری، ورق قلع اندود، بلافاصله شستشو شده و خشک می گردد تا از رگه دار شدن آن جلوگیری گردد. برج های ذخیره نوار که در ابتدا و انتهای فرآیند دیده می شوند، نوارهای اضافی را ذخیره می نمایند تا در صورت بروز مشکل، پیوستگی خط، قطع نشود (شکل ۲). با مطالعه قوانین فاراده و با شناخت واکنش های الکترودها می توان پوشش دهی الکتریکی قلع را کنترل کرد. قلع پوشانی الکترولیتی در الکترولیت های اسیدی و یا قلیایی انجام می شود. در فرآیند اسیدی، واکنش آند، اکسیداسیون مستقیم قلع فلزی به یون قلع دو ظرفیتی است. در اثر این واکنش قلع فلزی روی کاتد رسوب می کند 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 می توان با انجام روش های نظافت سطح تا حدودی برطرف نمود و یا مواد آلی مانند ژلاتین به محلول افزود.

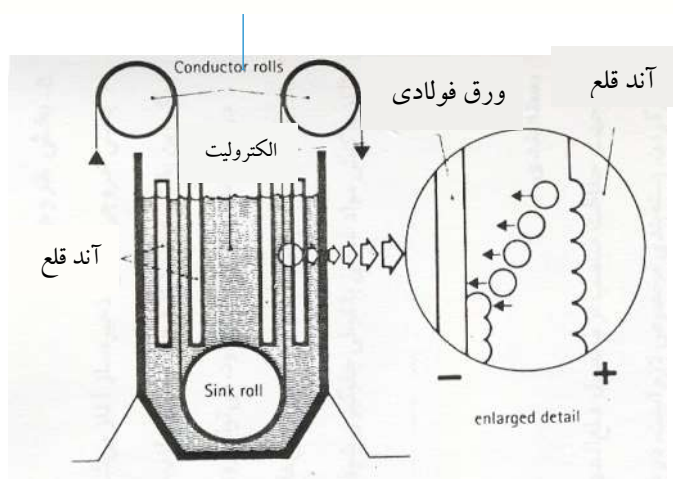


جدول ۱- مشخصات ورق قلع اندود

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



شکل ۲- نمودار تولید ورق قلع اندود



شکل ۳- نحوه تثبیت قلع بر روی ورق فولادی

همچنین حضور عامل ترکننده مانند H_2O_2 - نفتول ضروری است. حمام های اسیدی مناسب برای فرآیند قلع اندود کردن متنوع بوده و از جمله به حمام اسید سولفونیک، حمام فلئورید، کلرید، سولفات و فلئوئورات

می‌توان اشاره نمود. در فرآیند الکترولیتی قلیایی، از حمام‌های قلیایی استات سدیم یا پتاسیم استفاده می‌شود.

واکنش آند، اکسیداسیون قلع فلزی به یون قلع چهار ظرفیتی است.



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 ۳۸-۴۹ درجه سانتی‌گراد عمل می‌نماید. در روش اسیدی هیدروژن کمتری در آند تولید می‌شود، مصرف جریان الکتریکی نصف روش قلیایی است و به فضای ساختمانی کمتری نیاز دارد، ضمن آنکه از سرعت پوشش‌دهی بالاتری برخوردار است. روش اسیدی البته دارای معایبی نیز می‌باشد که عبارتند از:

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

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

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

د: شکسته شدن آند 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 میکرو کریستالی غیرانعکاسی است. علت بروز این حالت آن است که یونهای قلع حاصل از آند، 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 حصول اطمینان از ذوب

کامل و ظاهر یکنواخت، لازم است تا نوار را تا دمایی بالاتر از این حد گرم نمود. این فرآیند را سفیدگری می‌نامند که نه تنها ظاهر ورق را بهبود محسوس می‌بخشد و آن را به حالت براق و درخشان در می‌آورد بلکه مقاومت آن را به خوردگی نیز افزایش می‌دهد.

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 $40-5 \text{ A/dm}^2$ بوده و زمان عملیات ۱/۱ 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 تمامی این مراحل، ورقه ای متشکل از چندین لایه بدست می آید (شکل ۴) که از آن در ساخت قوطی مصرفی صنایع بسته بندی مواد غذایی استفاده خواهد شد.

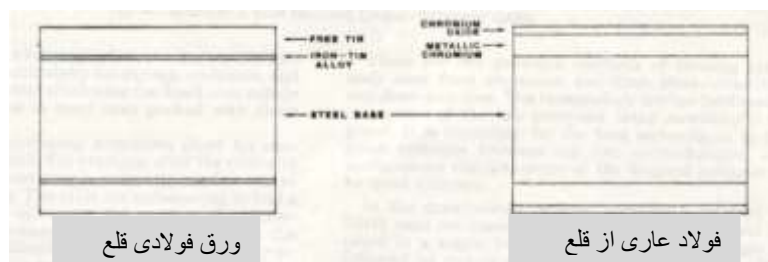


شکل ۴- لایه های تشکیل شده بر روی نیم ورق فولادی پس از قلع اندود شدن

گاهی ورق های قلع اندود تحت عناوین انواع J و K در بازار دیده می شوند که در آنها قلع به صورت $5/8 / 2/6 \text{ g/m}^2$ و یا بیشتر بر روی ورقه فولادی تثبیت شده، تا مقاومت خوبی را نسبت به خوردگی از خود نشان دهند. تفاوت آنها در اندازه بلورهای قلع، مقاومت در برابر اسید می باشد.

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:



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

این ورق ها 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 درپوش ها استفاده می شود.

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. آلاینده های آلی مانند برچسب و رنگ نیز در دمای بیش از ۱۶۰۰ درجه سانتی گراد فرآیند فولادسازی می سوزند.

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

وزن مبنا نمادی است که نشانگر ضخامت اسمی ورق می باشد و جعبه مبنا، سطحی معادل با تعداد مشخصی ورق با ابعاد معین است. جعبه مبنا، سطح ۱۱۲ ورق قلع اندود به طول ۲۰ و عرض ۱۴ اینچ است که معادل ۳۱۳۶۰ اینچ مربع خواهد شد. این تعداد ورق با این مشخصات می تواند دارای وزن های متفاوتی باشد که با توجه به ثابت بودن تعداد ورق ها و طول و عرض آنها، تنها متغیر، ضخامت می باشد. به عنوان مثال وقتی وزن مبنا ۴۵ پوند (حدود ۲۱ کیلوگرم) باشد، ضخامت ۱۱۲ ورق (۲۰×۱۴ اینچ) برابر با ۰/۰۰۵ اینچ (۱۲۷ میکرومتر) خواهد بود. در صورتی که وزن مبنا، به ۱۰۰ پاوند (۴۵ کیلوگرم) افزایش یابد در اینصورت ضخامت هر یک از ۱۱۲ ورق، حدود ۲۸۰ میکرومتر است

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 می توان وزن هر فوت مربع از این ورق ها 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 خواهیم داشت:

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

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

$$۴۵ \div ۲۱۷/۸ = ۰/۲۰۶۶ \text{ lb}$$

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 می دهد.

در ارتباط با همین ویژگی، واحد دیگری به نام SITA (Standard International Tinplate Area) که

معادل یکصد مترمربع است را می توان تعریف نمود. در این حالت تعداد ورق ها به جای ۱۱۲، ۱۰۰ عدد در نظر

گرفته می شود و سپس SITA از رابطه ذیل بدست خواهد آمد:

جدول ۱- رابطه وزن و جعبه مبنا با ضخامت ورق قلع اندود

$$\text{SITA} = \frac{\text{تعداد ورق ها} \times \text{طول ورق (mm)}}{۱۰۰۰} \times \frac{\text{عرض ورق (mm)}}{۱۰۰۰}$$

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

$$\text{SITA} = \frac{\text{طول (m)} \times \text{عرض ورق (mm)}}{۱۰۰۰} \\ \frac{\quad \quad \quad}{۱۰۰ \text{ m}^2}$$

۹- خوردگی

همه ساله تعداد بیشماری از قوطی های تهیه شده از ورق قلع اندود جهت بسته بندی مواد غذایی مورد

استفاده قرار می گیرند که در معرض حملات شیمیایی متعددی نیز قرار می گیرند. برخی از فرآورده ها، قلع را

مورد حمله قرار می دهند که البته حذف قلع به این شکل قابل قبول به شمار می آید زیرا که این عمل، اثر بر ورق

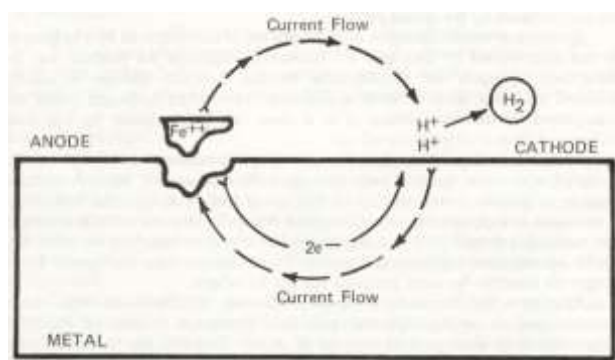
فولادی را به تأخیر می اندازد. این عمل با توجه به ضخامت کم قلع و اینکه در برخی نقاط و تحت تاثیر عوامل

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 می تواند 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 می شود، دیگر این عمل مطلوب نبوده و باید از لعاب استفاده گردد.

خوردگی اصولاً نوعی پدیده الکتروشیمیایی است که در آن الکترونها جابجا و یا منتقل می گردند. هرگاه دو فلز غیرمشابه در آب و یا محلول‌هایی که قابلیت هدایت الکترونیته 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 می شود، زمینه انتقال الکترونها را از طریق سیم رابط مهیا خواهد ساخت. در این حالت، دو فلز را الکتروود نامیده که یکی کاتد و دیگری آند می باشند و جریان تولید شده بواسطه حرکت الکترونها از آند به کاتد خواهد بود. با حرکت الکترونها از آند، آن قسمت از فلز که در مایع غوطه‌ور است بصورت یون‌های مثبت و محلول در می آیند و بنابراین به تدریج آند در الکترولیت حل می شود. در قوطی‌های قلع اندود، دو فلز قلع و فولاد که در تماس با یکدیگر هستند در ماده غذایی غوطه‌ور می باشند که همچون یک الکترولیت عمل می نماید. در این حالت قلع را اگر آند 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 می ماند. در این حالت به قلع «آند فدا شونده» می گویند. زیرا با حل شدن خود، فولاد را حفظ می کند (شکل ۶).



شکل ۶- مکانیزم خوردگی ورق فولادی

یکی از مهمترین نکات و عواملی که باید کنترل شود، اکسیژن است. معمولاً مقدار اکسیژن در قوطی‌ها کم است و تحت این شرایط، قلع به صورت آندی و فولاد به صورت کاتدی عمل می نمایند که حالت مطلوب به شمار می آید. در صورتی که غلظت اکسیژن بالا باشد. در این حالت قلع به صورت کاتد و فولاد به صورت آند

در می آیند و به این ترتیب این فولاد است که سریعاً در غذا حل می شود و معمولاً باعث سوراخ شدن قوطی می گردد. در همین رابطه پولاریزه شدن نیز اتفاق می افتد. عبور جریان الکتریکی از محلول الکترولیتی منجر به تشکیل گاز هیدروژن در الکتروود منفی خواهد شد. قسمت اعظم این گاز خارج می شود اما بخشی از آن به صورت حباب، کاتد را در بر گرفته و باعث می شود تا جریان معکوس در آید.

در مبحث خوردگی، هر چیزی که از شدت جریان بکاهد، سرعت و شدت خوردگی را نیز کم می کند. بالعکس، هر عاملی که پولاریزه شدن را کم نماید، باعث تسریع خوردگی خواهد شد. از همین جاست که می توان دریافت که چگونه اکسیژن محلول در ماده غذایی باعث افزایش خوردگی می گردد. در صورتی که مقدار اکسیژن زیاد باشد، می تواند با هیدروژن جمع شده در کاتد واکنش داده، پولاریزه شدن را کاهش داد و مجدداً جریان اولیه که منجر به خوردگی می شود را ایجاد نماید. فلزاتی که الکترودها را تشکیل می دهند، نقش و اثر مهمی را در خوردگی ایفا می نمایند. فلزات را از نظر تمایل آنها به حل شدن در الکترولیت و تشکیل یون می توان طبقه بندی نمود. این سری از فلزات که تحت عنوان «الکتروموتیوها» دسته بندی شده اند، با عنصر سدیم که به راحتی وارد محلول می شود آغاز و با فلزاتی چون طلا و پلاتین که به هیچ روی حل نمی شوند، خاتمه می یابد. هرچه فلزات از یکدیگر فاصله بیشتری را در این مجموعه داشته باشند، و لذا اثر بیشتری در مقایسه با فلزات نزدیک به هم تولید می نمایند. آلومینیوم و آهن در این سری از یکدیگر کاملاً فاصله دارند و بنابراین استفاده از درهای آلومینیومی بر روی بدنه قوطی های فولادی توصیه می شود، البته با این شرط که این دو با یک پوشش مناسب از هم جدا شده باشند، زیرا در غیر این صورت آلومینیوم سریعاً دچار خوردگی می شود. صرف نظر از عوامل گفته شده و عواملی چون pH و رطوبت، عوامل دیگری چون خوردگی ناشی از تنش (تنش های بوجود آمده در حین ساخت قوطی و یا انجام کشش شدید بر روی دیواره قوطی)، وجود عوامل بازدارنده خوردگی که گاهی به الکترولیت اضافه می شوند را می توان نام برد. معمولاً تشکیل نوعی لایه اکسید فلزی بر روی فلز می تواند از حل شدن آن جلوگیری نماید که در واقع نوعی حالت روئین برای آن بوجود آورد.

۱۰- ترکیب شیمیایی ورق فولادی و قلع

مهم ترین 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 بسته بندی 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 بسته بندی مورد استفاده قرار می گیرند که در جدول ۲ دیده می شوند. فولاد نوع L دارای مقدار بسیار کمی فسفر است و برای فراورده هایی که خاصیت خوردگی شدید دارند (با اسیدپتیه بالا) مانند میوه های تیره رنگ، ترشی ها توصیه می شود. فولاد نوع MR که مقدار بیشتری فسفر نسبت به فولاد L دارد برای فراورده هایی با اسیدپتیه ملایم مانند آب میوه های گلابی، هلو و آناناس مناسب است و در مواردی مانند گوشت و ماهی و اکثر سبزیجات، قابل مصرف می باشد.

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

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

فولاد نوع MC که در آن مقداری فسفر به ترکیب اضافه شده است برای فراورده 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 که بیشتر 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 تقریباً قلع خالص بر روی فولاد تثبیت می‌شود.

جدول ۳- درصد عناصر همراه با قلع (ناخالصی‌ها)

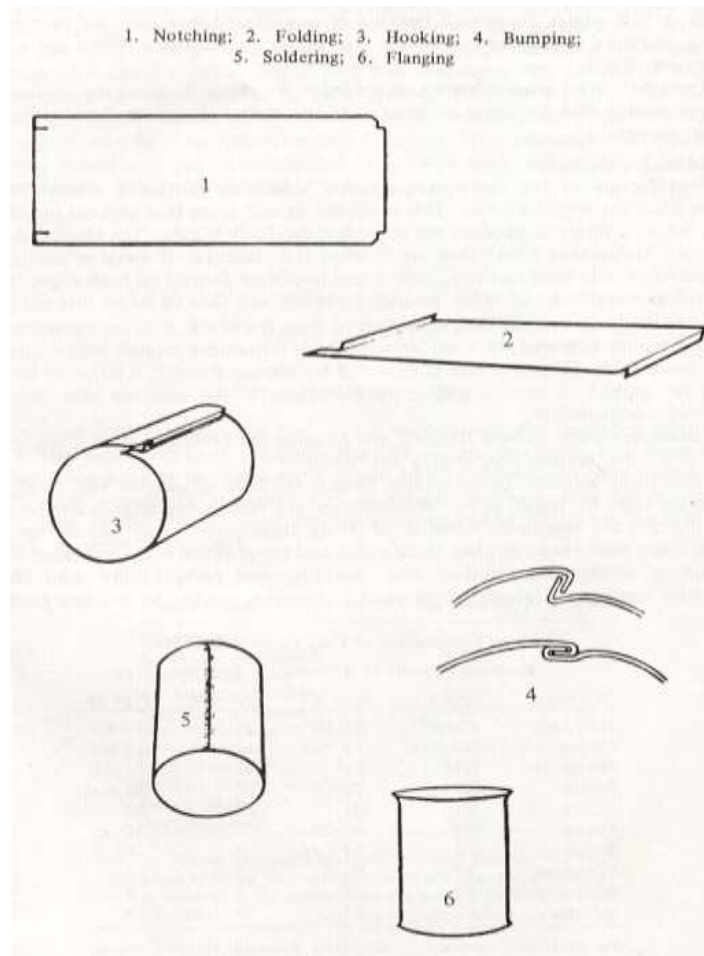
عناصر	%
قلع (حداقل)	۹۹/۸
آنتیموان (حداکثر)	۰/۰۴
آرسنیک (حداکثر)	۰/۰۵
بیسموت (حداکثر)	۰/۰۱۵
کادمیوم (حداکثر)	۰/۰۰۱
مس (حداکثر)	۰/۰۴
آهن (حداکثر)	۰/۰۱۵
سرب (حداکثر)	۰/۰۵
نیکل (حداکثر)	۰/۰۱
گوگرد (حداکثر)	۰/۰۱
روی (حداکثر)	۰/۰۰۵

۱۱- ساخت قوطی از ورق فولادی قلع‌اندود (حلبی)

از انواع مختلف قوطی جهت بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌گردد که عبارتند از:

الف: قوطی سه تکه‌ای:

در این حالت ابتدا ورق به اندازه‌های معینی که جهت ساخت قوطی مورد نظر لازم است در می‌آید. در بخش ساخت بدنه بر روی دو انتهای این ورق‌ها شکاف‌ها و بریدگی‌هایی (notching) ایجاد می‌گردد (شکل ۷ بخش ۱) که سپس به صورت قلاب در می‌آیند (شکل ۷، بخش ۲ و ۳ و ۴ و ۵). حالت دندان‌دار موجود باعث می‌شود که عمل لحیم‌کاری راحت‌تر صورت گیرد. پس از آنکه بدنه استوانه‌ای شکل ساخته شد، قسمت درز از روی شعله عبور داده می‌شود تا بدین ترتیب مواد مذاب بتوانند کاملاً در محل این درز قرار گیرند. در مرحله بعد یک لایه از لعاب به سطح داخلی و خارجی محل اتصال پاشیده می‌شود. مراحل بعد به ترتیب ایجاد لبه قلاب مانند (flang) (شکل ۷ بخش ۶) در دو سر استوانه و نیز چین دار (beading) نمودن بخش استوانه‌ای جهت افزایش مقاومت آن به ضربه است.



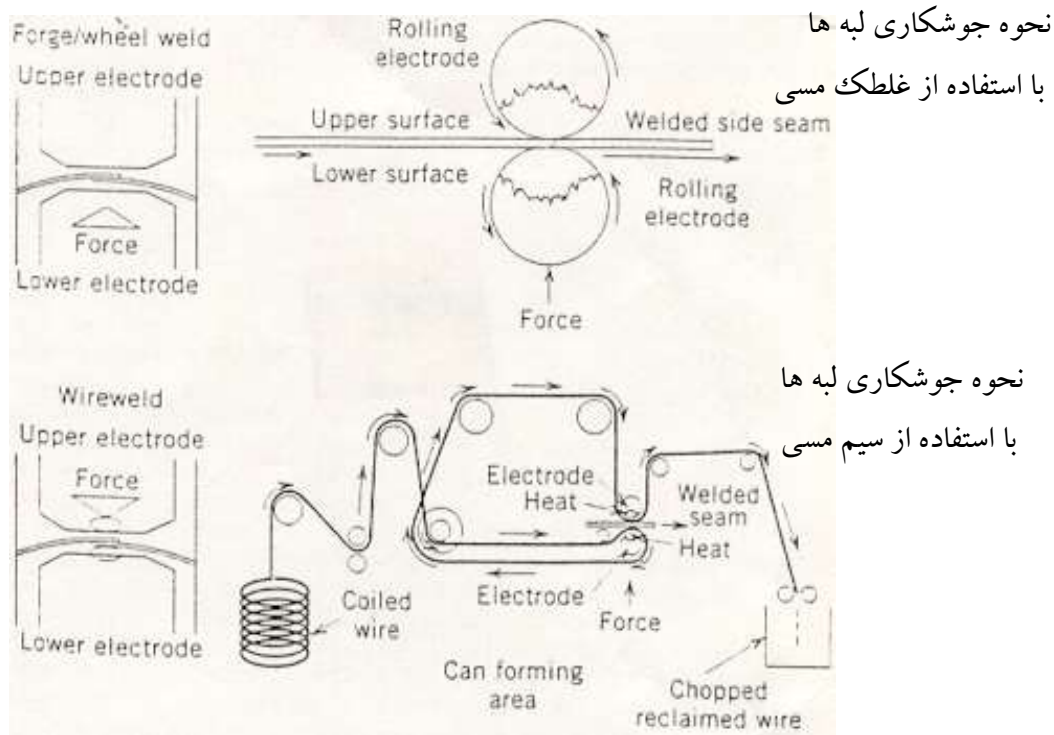
شکل ۷- مراحل مختلف ساخت قوطی با ایجاد قلاب و لحیم کاری



شکل ۸- جوشکاری لبه های ورق که لبه ها حدود ۰/۴ میلی متر روی هم قرار می گیرند

قوطی های سه قسمته را به روش جوشکاری نیز می توان تهیه نمود. در این حالت، ابتدا لبه های ورق که به شکل استوانه درآمده روی یکدیگر قرار می گیرند. (شکل ۸). جریان الکتریسیته همراه با فشار بر ناحیه ای که همپوشانی لبه ها صورت گرفته، اعمال می گردد. اگر جنس ورق قوطی از فولاد قلع اندود باشد، از سیم مسی جهت کمک به انتقال جریان برق استفاده می گردد 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 می دهند، استفاده

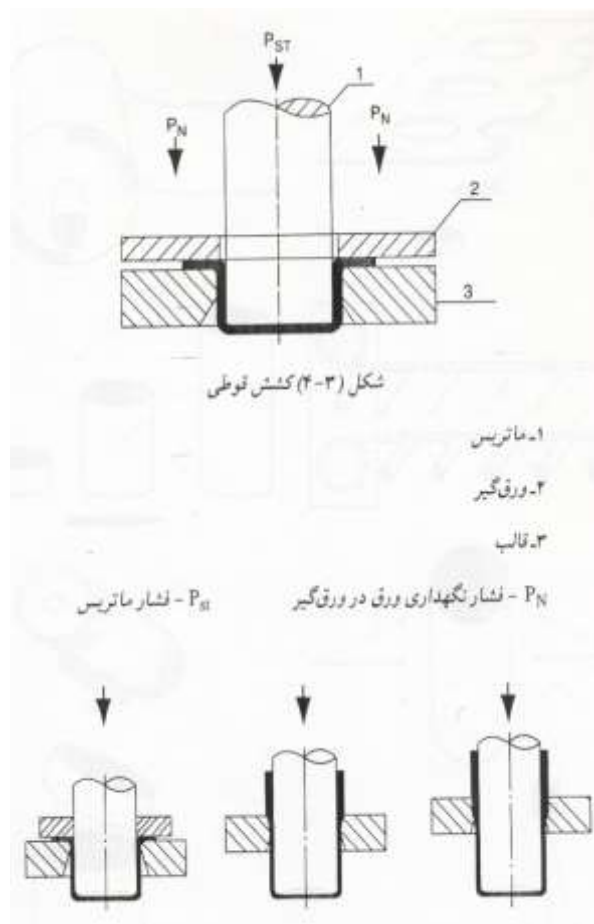
می‌شود (شکل ۹). این روش بر روش لحیم کاری مزیت و برتری دارد زیرا اولاً از مواد لحیم کاری (مثلاً سرب) استفاده نمی‌شود، ثانیاً، درز جانبی از ضخامت بسیار کمی برخوردار است و بنابراین در رنگ آمیزی بدنه قوطی مشکلی ایجاد نمی‌نماید. از طرف دیگر دوام بیشتر نسبت به درزهای لحیم کاری شده دارد.



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 بدنه 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 (که قبلاً 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



شکل ۱۲- نوعی قوطی تهیه شده به روش کششی که در آن خطوط کشش دیده می شوند

پ: قوطی های قابل اسپری یا آئروسول

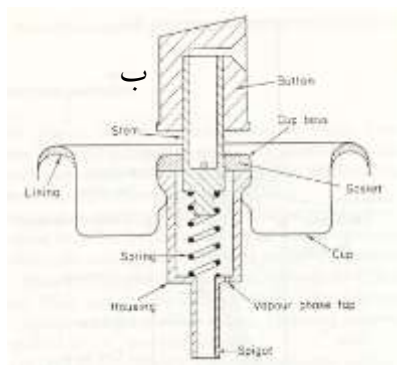
بخش اعظم این نوع قوطی ها از ورق قلع اندود ساخته می شود، گرچه آلومینیوم را نیز می توان در تهیه آنها بکار گرفت. بخش های مختلف دارای ضخامت های متفاوتی است. ورق بدنه نازکترین بخش هاست و

ضخامت آن بین ۰/۱۸ تا ۰/۳۸ میلی متر متغیر است و بستگی به قطر قوطی دارد. حالت فوق زمانی است که قطر بین ۴۵ تا ۵۲ میلی متر باشد. در صورتی که قطر بین ۵۷ تا ۷۶ میلی متر باشد از ضخامت ۰/۲۱ تا ۰/۴۴ استفاده می گردد. قسمت‌های فوقانی و تحتانی جهت جلوگیری از بیرون زدگی و باز شدن قلاب‌ها و در نهایت انفجار، دارای ضخامت بیشتری هستند. بدنه این نوع قوطی نیز به روش کشش عمیق تولید می شود (شکل ۱۳).



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

valve cup، معمولاً از ورقی با ضخامت ۰/۲۶۶ میلی متر ساخته می شود. قوطی‌های آئروسول را می توان قوطی چهار قسمته دانست زیرا علاوه بر کف و بدنه دارای دو قسمت در فوقانی گنبدی شکل و valve cup است. (شکل ۱۴-الف). بر روی قسمت اخیر والو (شکل ۱۴-ب) قرار می گیرد که با فشار دادن آن، فضای داخلی قوطی از طریق یک مجرا به فضای اتمسفر راه پیدا می نماید و در مواردی مثلاً پاشیدن روغن به سطوح بسیار مناسب است. صرف نظر از مواد غذایی که در درون قوطی قرار می گیرد (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



ساختار والو. (ب)



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

می شود.

الف

استفاده از گازهای فشرده مانند دی‌اکسید کربن و نیتروژن نیز معمول است، اما چون معمولاً خیلی سریع خارج شده بنابراین بخشی از ماده غذایی در درون قوطی باقی مانده و امکان خروج آنها وجود نخواهد داشت.

۱۲- 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 محصولاتمانند ذرت، نخودفرنگی، ماکیان و غذاهای دریایی که اصطلاحاً «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 معمولاً در قوطی‌هایی که در آنها فرآورده‌های اسیدی بسته‌بندی می‌شوند استفاده می‌گردد.

ب: فنولیک‌ها

در قوطی غذاهای دریایی و انواع گوشت بکار می‌رود و نفوذ ناپذیری بیشتر نسبت به اولتورزین‌ها دارد هرچند 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: اپوکسی ها

مقاومت بسیار خوبی به حرارت دارند بطوری که در نواحی مجاور درز که عملیات لحیم کاری صورت می گیرد، دچار تغییر رنگ نمی شوند. انعطاف پذیری بسیار خوبی داشته و می توان 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 وینیل ها قرار می گیرند. اپوکسی ها را می توان با افزودن فنولیک ها تعدیل نموده و از آنها برای بسته بندی محصولات مانند میوه ها و غذاهای پر چربی استفاده نمود.

ت: وینیل ها

این لعابها بصورت مضاعف همراه با اولئورزین ها و یا اپوکسی بکار می روند و در غذاهایی که خاصیت خورندگی بالایی داشته باشند، مورد استفاده قرار می گیرند. یک نمونه آن استفاده از لایه وینیل بر روی لایه R در قسمت درز جانبی قوطی هایی است که برای بسته بندی عصاره سیب بکار می روند. وینیل ها، لعاب های مستحکمی بوده و عاری از طعم و بو هستند. این لعابها گرچه مقاومت خوبی به بخار آب ندارند، اما حرارت های تا حدود ۹۵ درجه سانتی گراد و کمتر را به خوبی تحمل می نمایند. از دیگر انواع لعابها، می توان به وینیل تعدیل شده با اپوکسی و اپوکسی تعدیل شده با فنولیک و فنولیک های تعدیل شده اشاره نمود که به ترتیب برای بسته بندی میوه های دارای رنگ فراوان و محصولات گوشتی استفاده می شوند. برای لعاب دادن ورقه های قلع اندود، سطوح توسط پوشش دهنده های غلطکی لعاب خورده و سپس در درجه حرارت ۲۰۰ تا ۲۳۵ درجه سانتی گراد پخته می شوند. می توان لعابها را به درون قوطی اسپری نمود. عدم استفاده از لعاب می تواند در مواردی مفید باشد که این امر بدلیل اثر رنگبری قلع است. از جمله این فراورده ها می توان به کنسرو کلم شور (sauerkraut)، آب گریپ فروت، کنسرو گلابی و یا هلو، آناناس و پرتقال اشاره نمود.

ث: پلی مرهای پلی پروپیلین و پلی اتیلن تری فتالات (PET)

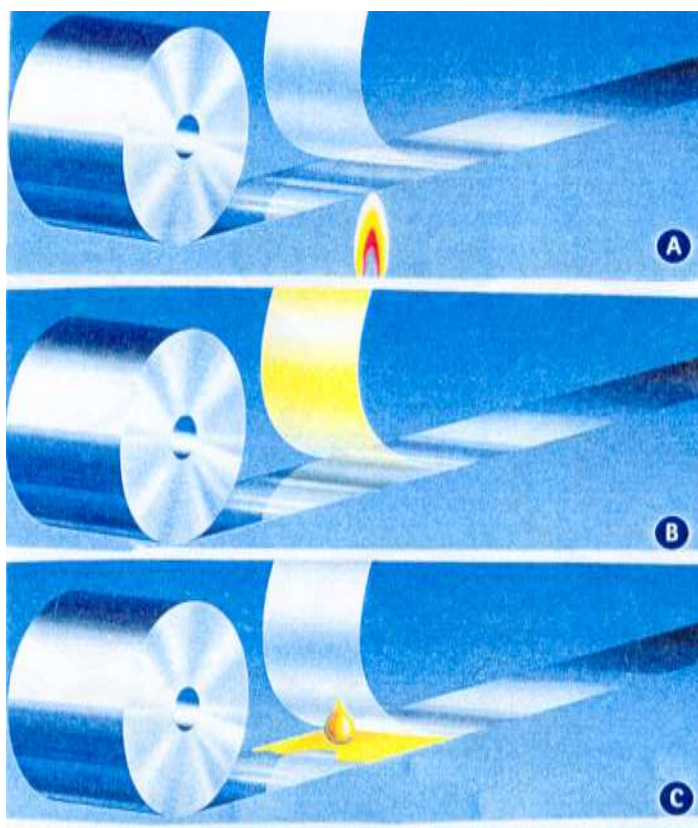
از این دو پلیمر نیز جهت لعاب دادن ورقه های فولادی قلع اندود استفاده می گردد و به یکی از سه روش ذیر بر روی ورق قرار می گیرند (شکل ۱۵).

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 معمولاً 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 معمولاً 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 ماکروویو امکان عبور از فولاد را ندارند بنابراین به سوی ماگنوترون بازگشته می توانند باعث آتش سوزی گردند.

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.
- ۱۰- differentially coated tin plate : نشان دهنده تفاوت در میزان قلع تثبیت شده بر هر سطح فولاد است. مثلاً ۲/۸ / D ۵/۶ ، حرف D نشان دهنده تفاوت میزان قلع در هر سطح، عدد سمت چپ، نشان دهنده میزان قلع در سطح خارجی یا بالائی و عدد سمت راست نشان دهنده میزان قلع در سطح داخلی (زیرین) می‌باشد.

فصل ششم

پلاستیک‌ها (پلی‌مرها)

مقدمه

پلاستیک‌ها را می‌توان بر حسب منشاء آنها به دو دسته طبیعی، مانند سلوفان و یا کاملاً سنتزی تقسیم‌بندی نمود. آنها را می‌توان همچنین بر اساس نحوه پلی‌مریزه شدن (کندانس شدن یا واکنش‌های اضافی) نیز دسته‌بندی کرد و بالاخره آنها را بر اساس خواص فیزیکی به دو دسته ترموپلاستیک‌ها و ترموست‌ها تفکیک می‌نمایند. پلاستیک‌ها از کشفیات قرن بیستم به حساب می‌آیند و اولین آنها سلوفان است که از سلولز و در سال ۱۹۱۰ تهیه شد، که بعدها جای خود را به انواع سنتزی داد. ترکیب و اتصال تعداد بیشماری اتم‌های کربن از طریق پیوندهای کئوالانس، در نهایت منجر به تولید مولکولهای بزرگی خواهد شد که حاوی میلیونها اتم کربن بوده که می‌توانند در کنار خود اتم‌های اکسیژن، نیتروژن و سولفور را هم قرار دهند. ترموپلاستیک‌ها مولکول‌های رشته‌ای شکل هستند و نام خود را از خواص فیزیکی که دارا هستند می‌گیرند، بدین ترتیب که با افزایش درجه حرارت نرم شده و سپس می‌توان آنها را شکل داد و پس از سرد شدن سفت و محکم می‌شوند. ترموپلاستیک‌ها عموماً به صورت گرانول و پودر تولید می‌گردند. این دسته از مواد پلاستیکی را پلی‌مر نیز می‌گویند که بعد از اضافه کردن موادی همچون نرم‌کننده‌ها (plasticizers)، به آنها عبارت پلاستیک نیز اطلاق می‌گردد.

ترموست‌ها از شبکه‌ای که در آن پیوندهای کئوالانسی تشکیل اتصالات عرضی داده‌اند، بوجود آمده‌اند. این اتصالات عرضی در حین شکل‌دهی ایجاد شده و پس از آن پلاستیک به حرارت مقاوم خواهد شد. از ترموست‌ها گاهی به جهت پوشش سطح داخلی ظروف و 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 اتصالات عرضی در سطح مولکول و سخت شدن آن صورت می‌پذیرد. در زمینه ساختار، ساده‌ترین ترکیب شیمیایی که جهت سنتز این مواد به کار می‌رود و از آنها مولکول‌های بزرگ ساخته می‌شود، مونومرها (monomers) هستند.

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

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

مواد اولیه جهت تولید منومرها عمدتاً نفت، گاز و گاهی زغال سنگ می‌باشند. از مواد طبیعی (منابع تجدید شونده) نیز در ابتدا استفاده می‌شد که رفته رفته جای خود را به مواد سنتزی دادند. با پیشرفت‌های صورت گرفته در آینده نه چندان دور از پلی‌مرهای طبیعی به شکل گسترده‌ای استفاده خواهد شد. گرچه پلاستیک‌ها از پلی‌مریزه نمودن مستقیم منومرها نشان 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)

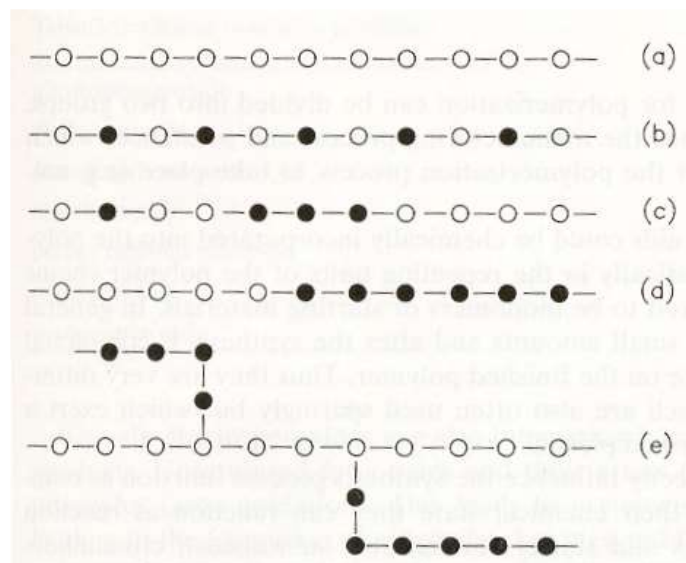
در صورتی که پلی‌مر صرفاً از یک نوع منومر تهیه شده باشد، به آن هموپلی‌مر می‌گویند، حال آنکه مخلوطی از منومرهای متفاوت، یک کوپلی‌مر را بوجود می‌آورد که در حالت اخیر انواع مختلفی می‌تواند داشته باشد. مثلاً به صورت یک در میان و یا چند در میان باشد. در کوپلیمرهای بلوکی، چندین منومر در کنار هم قرار گرفته‌اند. در کوپلیمرهای نوع پیوندی (graft)، وضعیت مانند کوپلیمرهای بلوکی است با این تفاوت که اتصال منومرهای متفاوت با منومرهای اولیه به صورت شاخه‌ای دیده می‌شود (شکل ۱).

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

کمک‌فرایندها خود به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف: آنهایی که مستقیماً 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 می گردند 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 زمینه هایی چون بسته بندی مواد غذایی، کشاورزی، پزشکی و ...، ضروری است که به انتقال احتمالی مونومرها، الیگومرها، کمک فرآیندها و مواد افزودنی به پلاستیک توجه کافی مبذول گردد چراکه همگی از دسته ترکیباتی با وزن مولکولی پائین هستند. ذکر این نکته جالب خواهد بود که برای تولید مواد پلیمری مناسب جهت استفاده در صنعت بسته بندی مواد غذایی و یا پزشکی، نیاز به افزودن موادی به ترکیب پلیمر می باشد. هر یک از این افزودنیها تأثیر مشخصی را بر پلیمر می گذارند. در جدول ۲ پلیمرهای پر مصرف که جهت بسته بندی مواد غذایی بکار می روند و در تماس با غذا هستند و نیز افزودنیهایی که بر حسب مورد به آنها افزوده می شود، دیده میشوند.

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.

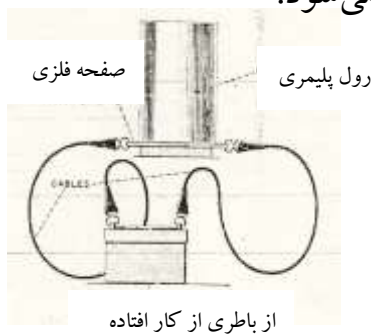
ب: روان کننده‌ها (lubrieants)

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 آتش سوزی 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 نشست 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 معمولاً 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)

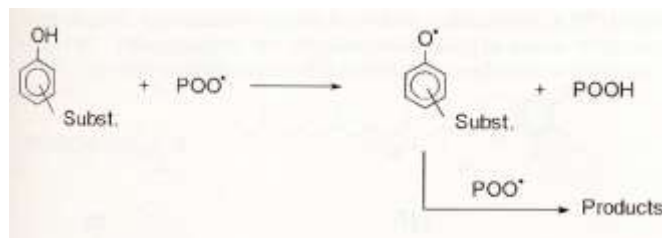
افزودنی‌هایی هستند که پلی‌مر را به صورت ژل درآورده و فرآیندپذیری و انعطاف آن را از طریق کاهش ویسکوزیته حالت مذاب و T_g افزایش می‌دهند، بدون آنکه خصوصیات شیمیایی پلی‌مر را تغییر دهند. نرم کننده‌ها به دو دسته داخلی و خارجی تقسیم می‌شوند. در حالت اول نرم کننده بواسطه نیروهای فیزیکی (واندروالس) به پلی‌مر متصل می‌شود و اثر محسوسی را از خود به جای می‌نهد. در صورتی که از نوع خارجی استفاده شود، تبخیر نرم کننده و یا هیدرولیز آن تحت تأثیر حرارت و یا اکسید شدن می‌تواند مشکلاتی را ایجاد نماید. با توجه به اینکه نرم کننده‌ها عموماً دارای وزن مولکولی پایینی هستند و نیز از آنجا که در غلظت‌های بالا از آنها استفاده می‌شود، بنابراین تماس آنها با ماده غذایی نیز خطر آفرین خواهد بود و بنابراین نرم کننده‌های خارجی با وزن مولکولی بالا دارای ارجحیت استفاده هستند. نرم کننده‌های آلی با نقطه جوش بالاتر از 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 سیترات و حداکثر ۱۰ درصد از سایر نرم کننده‌های پلی مری می‌توان استفاده کرد.

ج- آنتی‌اکسیدان‌ها

پلی مرها هم مانند برخی ترکیبات آلی تحت تأثیر گرما و یا نور ماوراءبنفش (۳۰۰-۴۰۰ نانومتر) اکسیده شوند. نحوه اکسید شدن پلی مرها تحت تأثیر عوامل فوق به این صورت است که ابتدا ماکرو رادیکال (P°) تشکیل می‌گردد که سپس به فرم اکسید شده الکیل پروکسیل (POO°) در می‌آید که ترکیب اخیر تولید هیدروپراکسید ($POOH$) می‌کند. تجزیه $POOH$ و تولید PO° این زنجیره را تداوم خواهد بخشید. از «جا که شروع اکسیداسیون پلی مرها 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، هر چند 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

اخیراً از α -DL-توکوفرول نیز استفاده می‌گردد. در سطح تجاری نیز دی (اُکتادسیل) 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 فسفوری سه ظرفیتی قابل ذکر هستند. از

ترکیبات سولفوردار، دی‌آلکیل تیودی پروپیونات و دی‌اکتادسیل 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 تثبیت‌کننده‌هایی 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 (به دلیل استفاده از کاتالیزوردر پلیمر)، 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 نیز به صورت فوتوآنتی‌اکسیدان عمل می‌نمایند ولی استفاده از آنها در پلیمرهای در تماس با مواد غذایی چندان زیاد نبوده و بیشتر در فراورده‌ایی که توسط اشعه گاما استریل می‌گردد، کاربرد دارند.

چ- مواد جاذب نور ماوراءبنفش (UV absorbers)

پلی‌مرهای خطی تحت تأثیر این نور در معرض تجزیه شدن قرار می‌گیرند. کاربرد تثبیت‌کننده‌های نوری (photostabilizers) جهت حفاظت مواد پلاستیکی در معرض مستقیم نور اجباری است و در حالت ایده آل لازم است که هر دو نوع نور ماوراءبنفش A و B را جذب نماید و شامل مشتقات فنولی بنزوفنون، اکسامید و α -سیانوآکریلات و در حد ۰/۲۵ تا ۰/۵ درصد می‌باشند.

ح- تثبیت‌کننده‌های حرارتی (heat stabilizers)

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 می‌تواند نور را جذب نماید و باعث بد رنگی PVC شود. از جمله این مواد، ترکیبات صابونی باریم، کلسیم و روی هستند که در حد ۱/۵ تا ۳ درصد در فرمول وارد می‌گردند.

خ- آنتی‌اسیدها (antiacids)

از اجزاء بسیار مهم که به PA، PVC، PO و PET اضافه می‌شوند، آنتی‌اسیدها 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 می‌باشند. این مواد، اسیدهایی را که در حین فرآیند پلی‌اولفین‌ها به روش زیگلر تولید می‌شوند خنثی می‌نمایند و خاصیت روان‌سازی نیز داشته و از تأثیر مخرب کشش به هنگام شکل‌دهی پلی‌مر می‌کاهند.

د- خشک‌کننده‌ها (dehydrating agents)

پلی اتیلن تری فتالات در حین ذوب شدن، تحت تأثیر محیط اسیدی و در حضور آب، هیدرولیز می‌گردد و در این شرایط لازم است میزان رطوبت در حد کمتر از ۰/۰۰۵ درصد باشد که این عمل را می‌توان با افزودن bis (۲ و ۶ دی، tert بوتیل فنیل کاربودی آمید) به انجام رساند.

ذ- ترکیبات ضد مه (anti fogging agent)

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

ر- رنگ‌ها

باعث ایجاد رنگ می‌شوند که این عمل را یا به دلیل ایجاد توجه به محصول و یا برای انجام تاثیری مشخص انجام می‌دهند. رنگ‌ها را می‌توان یا با پلی‌مر مخلوط نمود و یا آنکه مانند مرکب چاپ به صورت لایه روی سطح پلی‌مر قرار داد. از رنگیزه‌های معدنی مانند 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 روشن‌کنندگی بر رنگ دارند نیز استفاده می‌گردد. این ترکیبات با جذب نور UV و سپس

بازتاب آن به رنگ‌های بنفش یا آبی، تاثیر رنگ را بهتر می‌نمایند. از جمله این مواد می‌توان به مشتقات بنزوزازول‌ها (benzoxazoles) و فنیل کومارین اشاره نمود.

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

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

۵- ساختار پلی‌مرها

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

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

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

پ: زنجیره‌هایی که کاملاً از اتم‌های متفاوتی تشکیل شده‌اند و از این گروه به سیلیکون‌ها می‌توان اشاره کرد. عناصر موجود در زنجیره پلی‌مر و پیوندهای کئووالانس موجود بین آنها، در پیش‌بینی خواص یک ترموپلاستیک کمک بسیاری می‌نمایند. نیروهای بین مولکولی موجود در ترموپلاست‌ها می‌توانند شامل نیروهای نه چندان قوی واندروالس باشد که پیوند بین کربن‌ها و ئیدروژن‌ها را می‌سازند و با افزایش درجه حرارت به سادگی از تعداد آنها کاسته می‌شود. اگر هترو اتم‌ها در مولکول وجود داشته باشند پیوندهای قطبی قویتری تشکیل می‌شوند و

باعث می گردند 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 می شود و به عنوان مثال عامل استحکام در پلی مرهایی مانند پلی آمید محسوب می شوند، هرچند جذب آب را افزایش می دهند.

از دیگر نکاتی که در این زمینه باید به آن توجه نمود، آن است که پلی مرهای بدون استخلاف فاقد

ایزومر فضایی هستند، حال آنکه انواع استخلاف دار آنها تعداد زیادی ایزومر فضایی دارد. بر همین مبنا،

ایزومرهای ایزوتاکتیک (isotactic)، سیندیوتاکتیک (syndiotactic) و آتاکتیک (atactic) دیده

می شود. پلی استیرن که از طریق پلی مریزه شدن رادیکالی بدست می آید، از نوع آتاکتیک می باشد یعنی

گروههای فنیل متصل به اتمهای یک در میان کرین، دارای توزیعی تصادفی بوده می توانند بر روی هر دو طرف

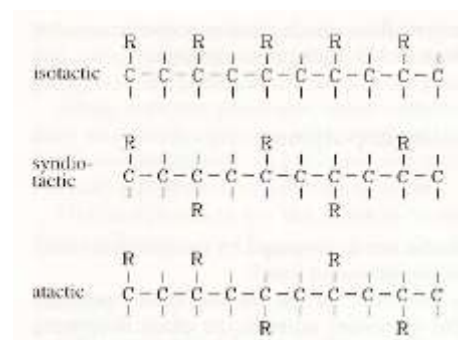
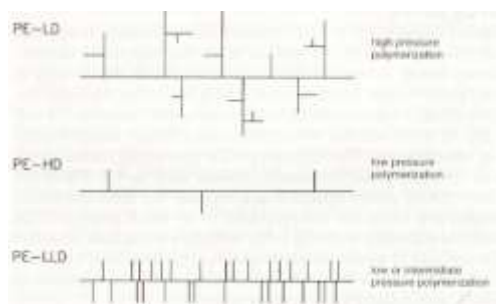
زنجیره پلی مری بنشینند. در صورتی که همین پلی مر با استفاده از روش زیگلر بدست آید دارای ساختار

ایزوتاکتیک خواهد بود (شکل ۴). در همین زمینه نظم موجود بر روی زنجیره از نظر نحوه قرار گرفتن گروهها،

عامل مطلوبی بشمار می آید. در عمل زنجیره دارای تعداد کم یا زیاد شاخه های جانبی است که می تواند بدلیل

نوع فرآیند انجام گرفته شده باشد و خواص پلی مر را تحت تأثیر قرار می دهد. این تفاوت را در نحوه پلی مریزه

شدن پلی اتیلن می توان مشاهده نمود (شکل ۵).



شکل ۵- نحوه انشعاب زنجیره در یک پلیمر

شکل های ۴ - آرایش فضایی زنجیره پلیمر

وجود زنجیره های جانبی و ساختار آتاکتیک (نامنظم)، ایجاد شبکه بلورین را در پلی مرهای ترموپلاست

مختل نموده، حال آنکه ساختار ایزوتاکتیک و غیر منشعب، به تشکیل شبکه کمک می نماید. 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 شکل گیری این شبکه، مثلاً از طریق ایجاد اتصالات عرضی، امکان فرآیند پلی مر فراهم نخواهد شد و پلی مر ترموست بدست می آید که افزایش درجه حرارت برگسستن پیوندها تأثیری نداشته و در نهایت باعث نابودی پلی مر می گردد. خواص پلاستیک ها تحت تأثیر طول و نحوه توزیع زنجیره ها نیز می باشد. وزن مولکولی یک پلی مر اثر محسوسی بر خواص آن دارد.

۶- تراکم در پلی مرها

هر ترکیبی با وزن مولکولی پائین می تواند به یکی از سه حالت مایع، جامد و یا گاز بسته به درجه حرارت و فشار محیط وجود داشته باشد. انتقال از یک حالت به حالت دیگر کاملاً مشخص بوده و در همین رابطه است که نقطه ذوب و نقطه جوش تعریف می گردند. در حالت جامد مولکول های کوچک معمولاً به صورت بلورهای منظم در کنار هم قرار دارند حال آنکه مولکول های بزرگ اکثراً دارای ساختار نامنظم و بی شکل (amorph) هستند. یک تفاوت عمده مابین ماکرو ملکول ها و پلی مرها آن است که پلی مرها دارای ساختار توأم بی شکل و بلورین می باشند. در نواحی بی شکل پلی مرها، تغییر حالت کاملاً مشخص نبوده و در یک دامنه ای از درجه حرارت رخ می دهد. علت این امر را تحرک زنجیره پلی مری می دانند یعنی که زنجیره دارای آزادی جنبش است و برخی بخش های آن دارای چرخش می باشند هر چند که زنجیره در کل فاقد چنین خاصیتی است. یک راه اندازه گیری میزان جنبش زنجیره، اندازه گیری درجه حرارت T_g glass transition و نقطه انجماد است (جدول ۳) در بالاتر از این درجه حرارت زنجیره پلی مری آزادانه حرکت نموده و پلی مر حالت لاستیکی و پلاستیکی دارد. در پائین تر از این درجه حرارت، جنبش متوقف شده و پلی مر حالت شیشه ای و سخت پیدا می کند. اگر یک پلی مر بی شکل (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) می نماید. حال اگر پلی مر تا کمتر از T_g سرد شود در حالیکه همچنان تحت کشش است، مولکولها به صورت جهت داده شده (oriented)، تثبیت می شوند. این جهت دهی تأثیر زیادی را بر پلی مر می گذارد و پلی مر بدین ترتیب آنیزوتروپ (anisotropic) یا چندوجهی

می‌شود. جهت‌دهی یک طرفه (uniaxial) یا دو طرفه (biaxial) که اکنون در صنعت تهیه لایه‌های پلی‌مری مرسوم است، معمولاً باعث بهبود خواص پلی‌مر می‌گردد.

جدول ۳- T_g 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 مثال‌ها در این زمینه پلی‌اتیلن، پلی‌تترافلوروئورواتیلن و رزین‌های استالی هستند. هرچه میزان تبلور کمتر باشد، سختی پلی‌مر کمتر خواهد بود. تفاوت این نوع تبلور با آنچه در قندها و نمک‌ها دیده می‌شود آن است که در قندها و املاح تبلور منفرد وجود دارد حال آنکه در پلی‌مرها، تبلور مضاعف و چندگانه دیده می‌شود. در تبلور منفرد، ذرات بلور شروع به رشد می‌نمایند، حال آنکه در نوع چندگانه، خوشه‌ای از بلورهای منفرد در کنار هم قرار گرفته‌اند.

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 ۲/۶ g/cm³، آلومینیوم ۲/۷ g/cm³، سلوفان پوشیده شده با پلی‌مر ۱/۵ g/cm³ و فولاد ۸ g/cm³ مقایسه شود، مزیت

نسبی آن مشخص می گردد. گرچه فولاد و شیشه از نسبت $\frac{\text{قابلیت کشش}}{\text{وزن}}$ بالاتری برخوردار هستند، اما باید

توجه نمود که در مورد شیشه برای مقابله با شکستگی، ضخامت فراتر از حد مورد نیاز باید 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 کاملاً 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: نفوذناپذیری 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 پلیمرها با فاصله بسیار اندک پس از آنها قرار می گیرند. استفاده از چند لایه پلیمری این

خاصیت را به شدت بهبود می بخشد.

ج: حفاظت در مقابل بو:

با جلوگیری از عبور بو بویژه در ضخامت بالا و لایه دار، فراورده را از بوهای نامطبوع حفظ می کند.

چ: 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 لایه های فلزی:

در این مورد می توان به ورق های آلومینیومی بسیار نازک با روکش پلیمری اشاره نمود.

خ: عدم تأثیر بر عطر و بو:

خصوصاً در مواردی که در تماس مستقیم با ماده غذایی هستند دارای اهمیت است. البته در مواردی مثلاً استفاده از پلی‌اولئوفین‌ها (PO)، مواد معطره موجود در عصاره‌ها مثلاً 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.

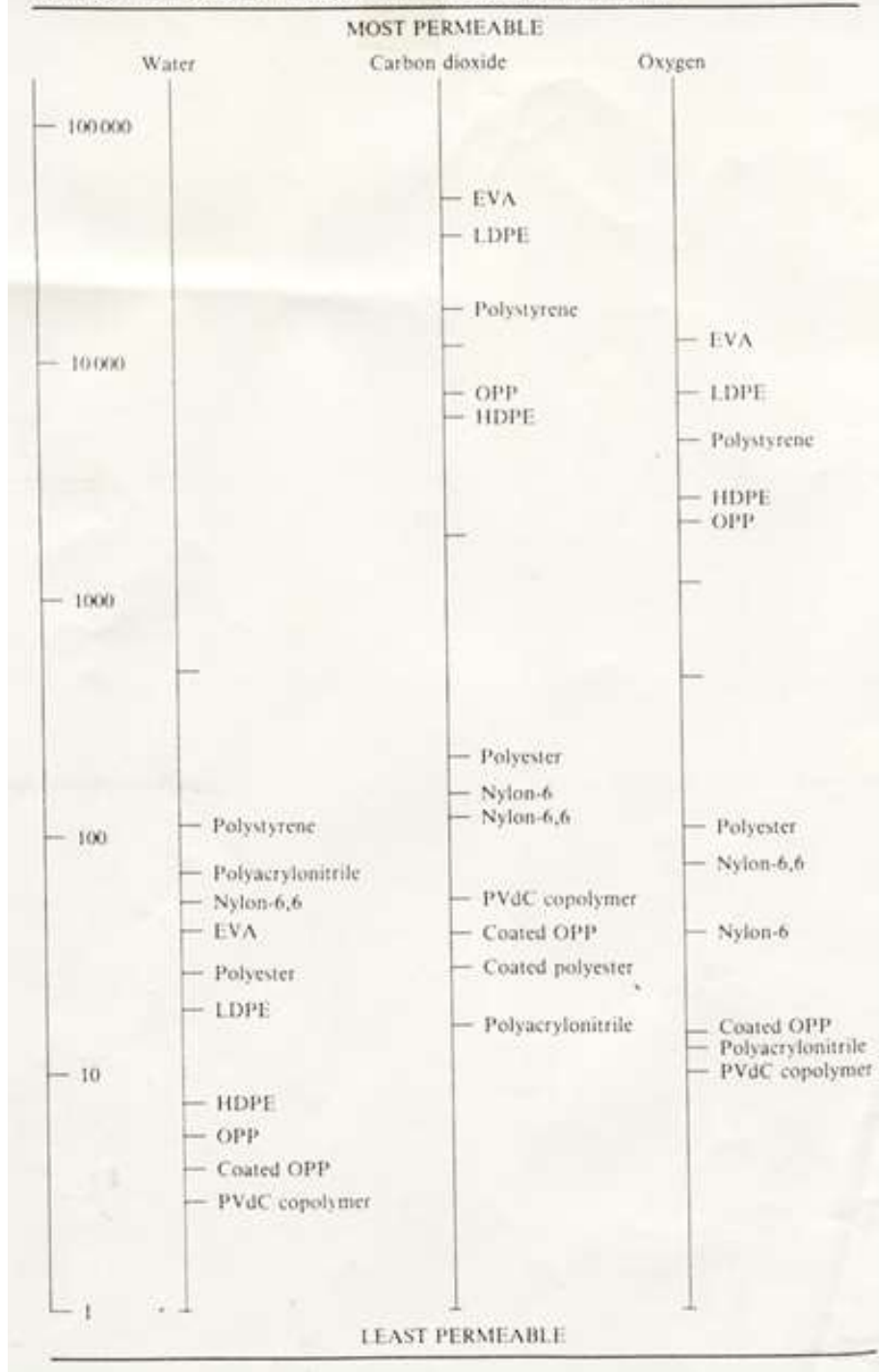
ذ: امکان کنترل فضای بسته:

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

ژ: T_g 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

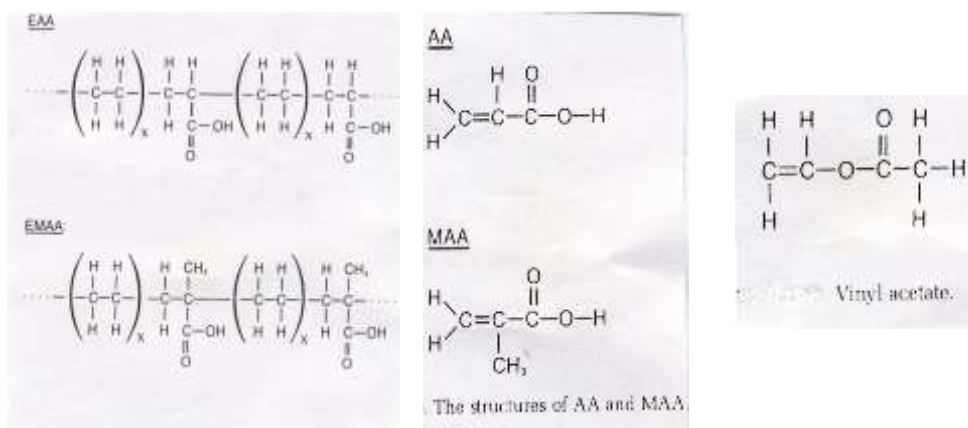
ترموپلاست‌ها

الف: پلی‌اتیلن

پرمصرف‌ترین پلاستیک به شمار می‌آید که تولید آن در سال ۲۰۱۹ بالغ بر ۱۲۵ میلیون تن بوده است که از این مقدار، ۶۰ میلیون تن از نوع پلی‌اتیلن سبک (LDPE)، ۲۵ میلیون تن از نوع خطی سبک (LLDPE) و بقیه پلی‌اتیلن 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 پلی‌اتیلن بسیار سبک (VLDPE) وزن

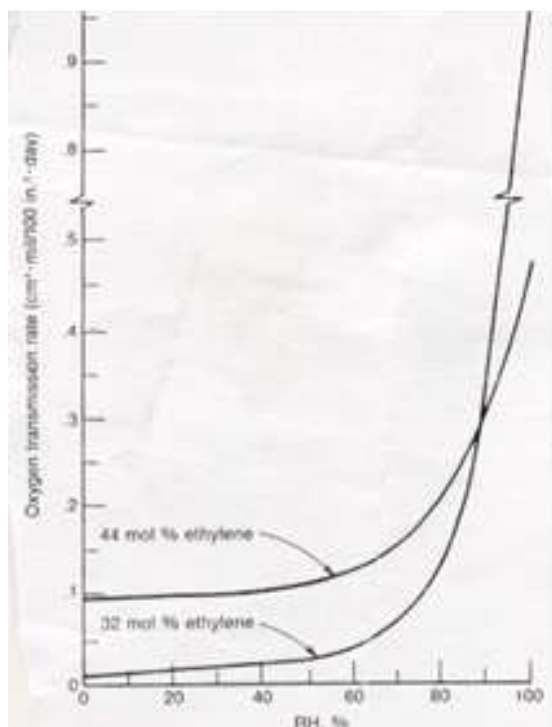
مخصوص به ۰/۹ گرم بر سانتی متر مکعب کاهش می‌یابد. گاهی به پلی اتیلن، پلی متیلن نیز اطلاق می‌گردد که نام پیشنهادی IUPAC است و شامل پلی اتیلن‌هایی است که به کمک دیازومتان‌ها تولید شده‌اند. در این پلی‌مر شاخه جانبی وجود نداشته و بالاترین دانسیته را در میان انواع پلی اتیلن‌ها داراست (۰/۹۸) پلی اتیلن، ترموپلاستی 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 براحتی و توسط حرارت، درزبندی نمود. از استحکام مناسبی برخوردار بوده و الاستیسیته خوبی دارد. همچنین مقاومت خوبی نسبت به سرما داشته و مانع خوبی در برابر بخار آب است، اما نوع سبک آن مانع خوبی برای گازها، عطر و بو و چربیها نیست. با افزایش دانسیته تمام خواص ممانعتی (barrier properties) همراه با سفتی و استحکام آن افزایش می‌یابد که در واقع بدلیل تبلور بیشتر می‌باشد. نفوذپذیری HDPE به گازها حدود ۱/۵ پلی اتیلن سبک است. همزمان مقاومت به ضربه، مقاومت به شکنندگی، مقاومت در برابر سرما و بالاخره شفافیت آن کاهش خواهد یافت. از آنجا که پلی اتیلن یک پلیمر هیدروکربنی متبلور است بنابراین در درجه حرارت اتاق هیچ نوع حلالی قادر به حل نمودن آن نمی‌باشد. فرآیند پلی اتیلن معمولاً 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. پلی اتیلن در این درجه حرارت‌ها و در اتمسفر خنثی، کاملاً با ثبات می‌باشد. در این شرایط ضروری است که غلظت اکسیژن در حداقل مقدار ممکن باشد. ثبات شیمیایی این پلی‌مر قابل مقایسه با پارافین است و تحت تأثیر اسیدها و قلیاهای معدنی قرار نمی‌گیرد. اسید نیتریک آن را اکسید نموده و هالوژن‌ها با ایجاد استخلاف بر آن اثر می‌گذارند. با کلرینه نمودن آن در حضور دی‌اکسید سولفور، گروه‌های کلر و سولفونیل کلراید به درون پلی‌مر راه یافته، الاستومر تشکیل می‌گردد. اکسید شدن آن که می‌تواند منجر به بروز تغییراتی در ساختار آن گردد، در درجه حرارت حدود ۵۰°C نیز دیده شده ضمن آنکه این واکنش‌ها تحت تأثیر نور ماوراء بنفش در درجه حرارت اتاق نیز ممکن است اتفاق بیفتد.

به منظور تثبیت بهتر جوهر چاپ بر روی سطح پلی اتیلن، 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 عمدتاً بدلیل وجود کتون‌ها و آلدئیدها است. از پلی اتیلن سبک معمولاً 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 لبه‌های آن با حرارت را نیز میسر می‌نماید. از پلی اتیلن سبک می‌توان ظروف نیز تهیه نمود. مهمترین کاربرد پلی اتیلن سنگین، تولید ظروف به روش تزریقی است و به عنوان مثال می‌توان به جعبه‌های نوشابه اشاره نمود گرچه از آن برای تهیه لایه نیز استفاده می‌گردد. این نوع پلی اتیلن در مقایسه با نوع سبک خود، مقاومت بهتری نسبت به چربی و عطر و بو دارد و بنابراین برای بسته‌بندی گوشت مناسب می‌باشد. تهیه کوپلی‌مرهای آن همراه با وینیل استات (VA)، اکریلیک اسید (AA) و متا‌اکریلیک اسید (MAA) (شکل 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 و 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.



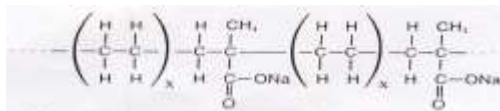
شکل ۷- کوپلیمرهای وینیل استات، اکریلیک اسید و متا‌اکریلیک اسید و ترکیب آنها با اتیلن

اتیلن وینیل استات از آنجا که دارای هر دو خاصیت قطبی و غیرقطبی به صورت همزمان است، می‌تواند در مواردی که یک رزین قطبی مانند پلی‌آمید با یک رزین غیر قطبی مانند پلی‌اتیلن توسط extruder به صورت فیلم چند لایه در می‌آیند، به عنوان لایه میانی عمل نموده و دو لایه را به هم متصل نماید. پلی‌اتیلن اگر دارای 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 خاصیت به شدت کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش میزان اتیلن در پلی‌مر، نفوذناپذیری کم می‌گردد (شکل ۸).



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

از دیگر کوپلی مرهای اتیلن، یونومرها (Ionomers) را می توان نام برد. این دسته از مواد که پلیمرهایی با گروههای کربوکسیل یونیزه شده هستند (مثلاً در EMAA)، در صورتیکه با ترکیباتی از منیزیوم، روی، کلسیم و یا سدیم (مثلاً استات منیزیم) ترکیب شوند، اتم هیدروژن عامل کربوکسیل با عنصر فلزی جایگزین می گردد (شکل ۹).

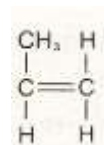
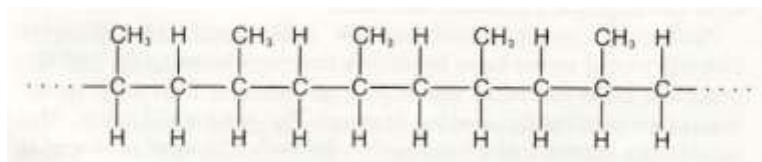


شکل ۹- یونومر سدیم

به این ترتیب پلی مری بدست می آید که از سفتی خوبی برخوردار بوده، در درجه حرارت های بالا انعطاف پذیری خوبی دارد و خاصیت چسبندگی پلی مر را تحت تاثیر حرارت به شدت بهبود می بخشد و به همین دلیل در تشکیل لایه ها از آن به عنوان چسب استفاده می گردد و به مرور زمان ضمن حفظ لایه ها کنار هم، از پوسته پوسته شدن آنها جلوگیری می نماید. یونومر اگر به صورت لایه تولید شود (با نام تجاری surlyn)، نفوذپذیری بالایی به رطوبت دارد (تبلور کم) هرچند که مقاومت آن نسبت به روغن ها و چربیها بسیار عالی است. حداکثر مقدار روی مصرفی ۳/۵ درصد است و در صورتیکه همراه با اتیلن، پروپیلن و بوتیلن باشد، می توان از آن مستقیماً در تماس با مواد غذایی استفاده کرد.

ب: پلی پروپیلن (PP)

با تولید ۳۳ میلیون تن در سال ۲۰۱۶، 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 کاملاً شبیه



به پلی اتیلن است

شکل ۱۰- منومر پروپیلن و پلی پروپیلن

اغلب فرم ایزوتاکتیک آن تولید می گردد (شکل ۱۰) که خواص جالبی را نیز بدنبال دارد. در صورتی که PP به صورت هموپلی مر باشد از سبک ترین پلی مرها خواهد بود و وزن مخصوص آن بین ۰/۹ تا ۰/۹۱ گرم بر

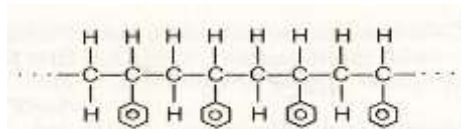
سانتی متر مکعب می باشد. نقطه ذوب نوع خالص آن ۱۷۶ درجه سانتی گراد ولی محصول تجارتي در دامنه ۱۶۰ تا ۱۷۰ درجه سانتی گراد ذوب می شود که از درجه حرارت حدود ۱۴۰ درجه سانتی گراد آغاز می شود و بسیار بالاتر از نقطه ذوب پلی اتیلن می باشد. ثبات شیمیایی آن شبیه به پلی اتیلن سنگین بوده و در درجه حرارت های بالا در هیدروکربورهای کلرینه حل می شود. به دلیل وجود اتم های کربن نوع سوم (CH_۳) بی اثر بودن شیمیایی آن کمتر از سایر پلی مرها بوده و در این زمینه حساس ترین پلی مر نسبت به اکسید شدن می باشد و بنابراین افزودن آنتی اکسیدان به آن ضروری است. این پلی مر مقاومت خوبی به بخار آب و چربی دارد ولی از آنجا که لایه های آن مقاومت خوبی به سرما ندارند، از آنها کمتر جهت بسته بندی مواد غذایی که باید در یخچال نگهداری شوند استفاده می گردد. در اینگونه موارد آنها را همراه با لایه های اتیلن تولید می نمایند تا ضمن افزایش مقاومت به سرما، مقاومت لایه خصوصاً در محل لبه های بهم چسبیده توسط حرارت افزایش یابد. پلی پروپیلن ماده مناسبی برای فرآیندهای تولید ظروف و فیلم با استفاده از اکسترودر و تزریق می باشد. بطری های تولید شده توسط PP، مقاومت خوبی را به حرارت داشته و بنابراین می توان از آنها جهت محصولاتی که به صورت گرما گرم وارد بطری می شوند استفاده نمود. پلی پروپیلن را می توان از دو جهت کشید (biaxially orientation) که در این حالت خواص آن بهبود می یابد. البته این عمل با اشکالی هم روبرو است و آن عدم اتصال مناسب لبه های فیلم جهت داده شده توسط حرارت می باشد که برای رفع آن، فیلم جهت داده شده با یک لایه مناسب روکش می شود. با استفاده از لایه PP در وسط و دو لایه مقاوم به حرارت در دو طرف و سپس کشیدن آنها می توان به لایه ای که خاصیت چسبندگی حرارتی خوبی دارد حتی در ضخامت ۱ میکرومتر دست یافت. در صورتی که هدف استفاده از PP در غذاهای حساس باشد، می توان آن را با پلی وینیلیدن کلراید و یا پلی وینیل استات، EVA ، LDPE و ... پوشش داد. پلی مرهای ترکیبی اخیر توانسته اند در سالهای اخیر به خوبی جای سلوفان را در بازار پر کنند. یکی از خواص بسیار جالب این پلی مر آن است که صفحات نازک آن مقاومت خوبی به تا شدن های مکرر دارد و بنابراین می توان از آن درهایی ساخت که حالت مفصلی و لولایی دارند. (شکل ۱۲).



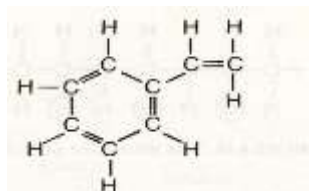
شکل ۱۲- در لولایی مخصوص شربت شکلاتی

پ: پلی استیرن (PS)

از پلی مریزه کردن واحدهای استیرن بدست می آید (شکل ۱۳ الف و ب) و زنجیره پلی مری 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 عمدتاً برای بسته بندی محصولات که عمر نگهداری کوتاهی آن هم در یخچال مانند ماست، بستنی، پنیر، خامه و قارچ داشته، و چربی ناچیزی دارند، استفاده می شود. پلی استیرن مقدار ناچیزی از رطوبت را جذب می نماید اما تحمل آب جوش را ندارد و نرم می گردد.



شکل ۱۳ (ب) - پلیمر پلی استیرن



شکل ۱۳ (الف) - مونمر استیرن

می توان از آن برای جداسازی میوه های تازه، تخم مرغ و برخی انواع شیرینی ها استفاده کرد. در سالهای اخیر، این پلیمر به دلیل قیمت بالاتر از پلی پروپیلن جای خود را در مواردی به آن داده است. نقطه ذوب این پلیمر حدود ۸۸ درجه سانتی گراد است. از آنجا که دارای شفافیت خوبی است از آن می توان به عنوان پنجره در جعبه ها (مثلاً محصولات pasta) استفاده کرد (شکل ۱۴). لایه های PS، نفوذناپذیری ناچیزی به رطوبت و گازها دارند.



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

کوپلی مریزه کردن آن با بوتادی ان، 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 گردد. امروزه از آن به شکل گسترده ای برای تهیه لیوان های شرب مایعات 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-بوتادی ان-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 آلود ولی محکم که «پلی استیرین گسترش یافته» (extended polystyrene, EPS) نامیده می شود دارای دانسیته پائینی بوده و از آن در بسته بندی تخم مرغ (شکل ۱۵) و ظروف مخصوص گوشت قرمز و یا سفید استفاده می گردد

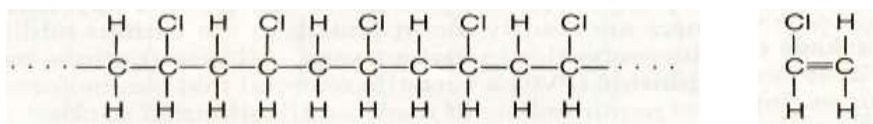
EPS نفوذناپذیری ناچیزی به گازها دارد و در صورتی که بسته نیاز به محافظت در مقابل گازها داشته باشد، استفاده از یک لایه مناسب ضروری است.



شکل ۱۵- شانه تخم مرغ از جنس EPS

ت: پلی وینیل کلراید (PVC)

تولید وینیل کلراید و تشکیل یک پلی مر از آن حدود ۱۵۰ سال قبل شناخته شد. پلی مریزه کردن وینیل کلراید (شکل ۱۶) در درجه حرارت های 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 می گیرند. علیرغم آنکه PVC حتی در خالص ترین شکل خود، از ثبات برخوردار نیست، اما دومین پلاستیک مصرفی در جهان به شمار می آید، هر چند که از تثبیت کننده و سایر مواد افزودنی در آن به شکل گسترده ای استفاده می گردد. تا سال ۱۹۷۱ میزان تولید آن با پلی اتیلن برابری می نمود، اما از این سال به بعد، به دلیل اثر سوء بر سلامتی کاهش محسوسی در تولید آن ایجاد شد زیرا میزان مجاز منومر وینیل کلراید باقیمانده در پلی مر که عامل خطرناک به حساب می آید به ۱ پی پی ام رسیده است، بطوری که اکنون پلی پروپیلن جایگزین شده است.



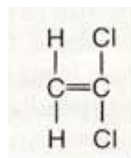
شکل ۱۶- منومر وینیل کلراید و پلی وینیل کلراید

PVC نسبت به ترکیبات غیرقطبی و شدیداً قطبی مقاوم است، اما در ترکیباتی که دارای قطبیت متوسط هستند مانند سایکلو هگزان، دی متیل فرمالدئید، استون متورم شده و سپس حل می شود که می تواند ناشی از تا حدودی قطبی بودن این پلی مر باشد. از آنجا که حالت شکننده دارد، از نرم کننده ها (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 مصرف می‌گردد. 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، قیمت ارزان می‌باشد.

ث: پلی‌وینیلیدن کلراید (PVDC)

از پلی‌مریزه نمودن وینیلیدن کلراید (شکل ۱۷) بدست می‌آید. دارای خواص ممانعتی عالی و استثنایی است و این بدلیل کاملاً کنار هم قرار گرفتن رشته‌های پلی‌مر است که فاقد هرگونه فضای خالی و یا انشعاب بین خود هستند. میزان کلر موجود در این پلی‌مر حدود ۷۳ درصد است و این امر باعث شده تا وزن مخصوص آن زیاد و بین $1/8 - 1/97 \text{ g/cm}^3$ 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 کاملاً شفاف، نرم و قوی و با خواص ممانعتی بسیار خوب است و خاصیت cling (خود چسبی لبه‌ها بدون استفاده از حرارت) را به خوبی داراست.

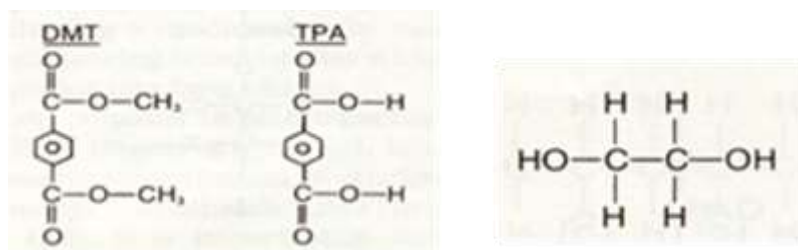


شکل ۱۷- وینیلیدن کلراید

ج: پلی‌استرها

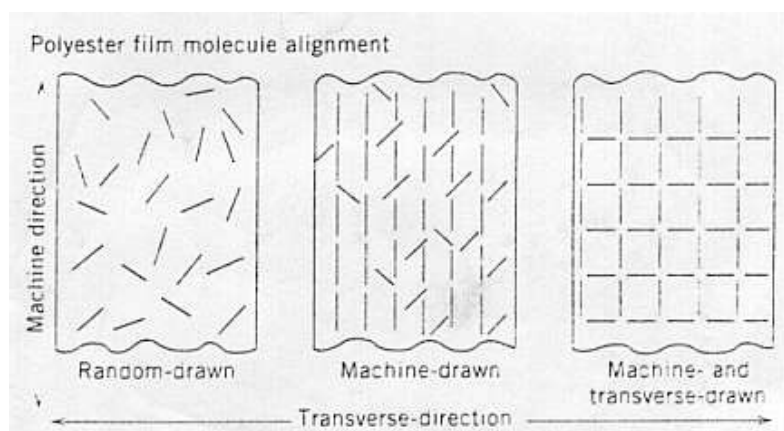
پلیمری است که به روش کندانس تولید می‌گردد. از معروفترین انواع این دسته می‌توان به پلی‌اتیلن تری فتالات (PET) و پلی‌بوتیلن تری فتالات (PBT) اشاره نمود. تولید آن در سال ۲۰۱۵ به جز آنچه در مورد الیاف بکار رفته، حدود ۱۲ میلیون تن بوده است. از ترکیبات متعددی همچون تری‌فتالیک اسید، ایزو‌فتالیک اسید،

ادیپیک اسید، سبسیک اسید، اتیلن گلیکول، بوتان دی ال، 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 معمولاً از طریق پیوند بین اتیلن گلیکول و دی‌متیل تری فتالات (DMT) و یا تری فتالیک اسید (TPA) (شکل ۱۸) بدست می‌آیند. این ترموپلاست در درجه حرارت‌های پائین نسبت به ضربه مقاوم بوده و سطح آن نسبت به فرسایش کاملاً مقاوم است. خواص ممانعتی خوبی را نسبت به گازها، عطر و طعم و چربی دارد و تنها نقطه ضعف آن، عبور بخار آب هرچند به مقدار بسیار ناچیز می‌باشد. پلی‌استر را همانند پروپیلن می‌توان از دو جهت کشید (biaxially orientation) که در این حالت شفافیت و استحکام آن زیادتر خواهد شد (شکل ۱۹).



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

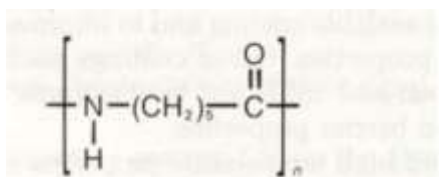
لایه‌هایی با ضخامت ۱۲ میکرومتر که بوسیله جهت دادن (orientation) بدست آمده‌اند در میان سایر لایه‌ها جهت افزایش خواص ممانعتی بکار می‌رود. اگر ظروف مقوایی با لایه‌ای از PET یا PBT پوشش داده شود می‌توان از آن حتی در فرهای معمولی تا دردمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد استفاده نمود. بیشترین کاربرد پلیمر در صنایع بسته‌بندی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



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

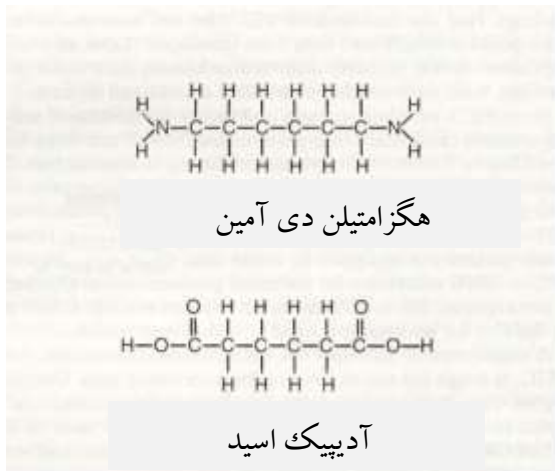
چ: پلی آمیدها (PA)

به دسته ای از رزین ها که از طریق پلی مریزه 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 صرفاً از طریق پلی مریزه نمودن کاپرولاکتام انجام شود، نایلون تولیدی از نوع ۶ خواهد بود.



شکل ۲۰- کاپرولاکتام

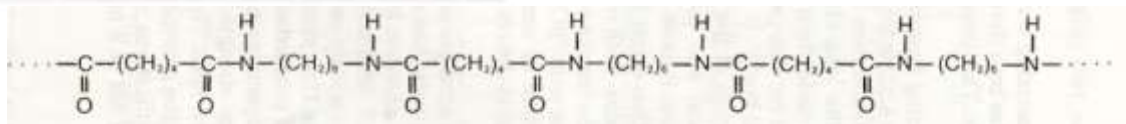
نایلون ۶ و ۶ به پلی آمیدی اطلاق می گردد که از ترکیب آدیپیک اسید و هگزامتیلن دی آمین که هر یک دارای ۶



هگزامتیلن دی آمین

آدیپیک اسید

اتم کربن هستند بوجود آمده است. (شکل ۲۱).



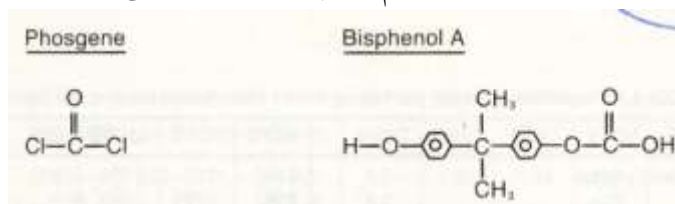
شکل ۲۱- نایلون ۶ و ۶ و اجزای آن

این پلی مر از آنجا که 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 پلی مری سخت، مقاوم به حرارت و تا حدودی متبلور است. قابلیت جذب آب آن نسبتاً خوب است و به دنبال این عمل پلی مر تا حدودی 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 نسبتاً خوب به رطوبت و بخار آب، از آن برای پوشش خمیر فرآورده‌های گوشتی (farsh) و تهیه 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 خلاء 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 (مثلاً آب میوه‌ها) کیسه داخلی از جنس پلی‌آمید همراه با لایه‌های دیگر است.

ح: پلی‌کربنات (PC)

از پلیمرهای گران قیمت است که از ترکیب فسژن (phosgene) و بیسفنل (bisphenol) (شکل ۲۲) بدست می‌آید و از استحکام و مقاومت بسیار بالایی برخوردار است و درجه حرارت تا ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد را به خوبی تحمل می‌نماید. پلی‌کربنات 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. نسبت به مواد غذایی، کاملاً بی‌اثر است و 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 پلی‌متیل‌متا‌اکریل (PMMA)، پلی‌اکسید متیلن (POM)، پلی‌سولفون (PSU)،

پلی‌اتر سولفون (PES)، پلی‌تترافلورواتیلن (PTFE) هستند که اکثراً از قیمت بالایی برخوردار بوده و در مقایسه با

سایر پلی‌مرها کاربرد کمتری در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی دارند.

۱- «ترموست‌ها»

از این دسته رزین‌های فلنی (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 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	3-11	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

۹- 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 است کمتر باشد،

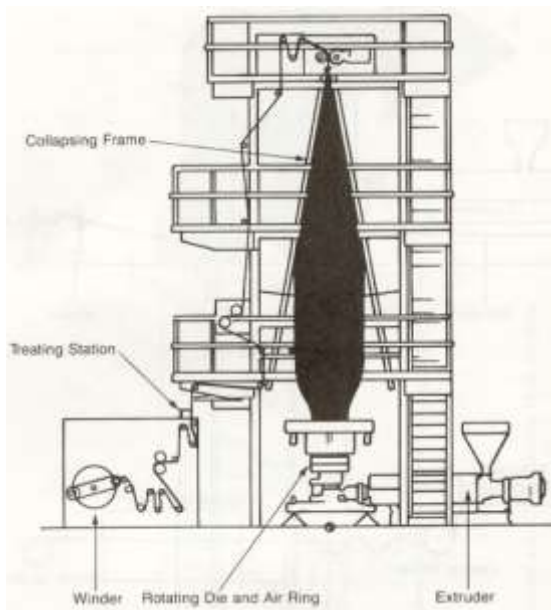
پلی‌مر را لایه یا فیلم و اگر ضخامت فراتر از ۱۵ میل باشد، آن را صفحه (sheet) می‌نامند. معمولاً ضخامت

صفحات را بر حسب میل بیان کرده حال آنکه ضخامت لایه (film) بر حسب gauge اعلام می‌گردد. یک gauge برابر با 0.00001 اینچ است و بنابراین هر 100 gauge (ga) برابر با 1 میل و یا 0.001 اینچ خواهد بود. در سیستم متریک صفحات بر حسب میلی‌متر و لایه‌ها بر حسب میکرون تعیین ضخامت می‌گردد. در این حالت هر یک میل برابر با 25 میکرون خواهد بود. (1 میکرون برابر با 10^{-6} متر است).

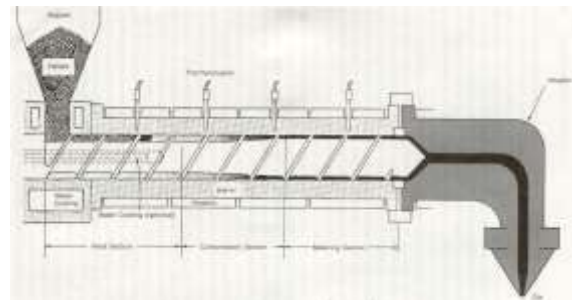
۱۰- شکل دهی پلی‌مرها

پلیمرها را اصولاً به دو صورت لایه (یا صفحه) و ظروف می‌توان شکل‌دهی نمود. برای تولید لایه یا صفحه از اکسترودر استفاده می‌شود. این وسیله شامل یک میله حلزونی شکل است که در درون یک بخش استوانه‌ای شکل حرکت دورانی دارد و با مخلوط نمودن و فشار باعث ذوب شدن پلی‌مر می‌گردد. پلی‌مر مذاب سپس با فشار از قالب (die) خارج می‌گردد (شکل ۲۳) که می‌توان آن را به همان شکل استفاده نمود یا آنکه از یک یا دو جهت تحت کشش (orientation) قرار داد. کشش ممکن است در حد $2X$ تا $80X$ باشد. قالب اکسترودر می‌تواند بصورت حلقوی یا مسطح باشد. در قالب‌های مسطح یا تیغه‌ای بر حسب عرض مورد نیاز پلی‌مر مذاب به صورت لایه در می‌آید و همزمان می‌توان عمل coronation را هم بر روی پلی‌مر انجام داد تا آماده چاپ شود. از قالب‌های حلقوی بیشتر برای مواقعی که لایه‌های پلی‌مری با عرض زیاد لازم هستند استفاده می‌گردد. در این حالت قالب، استوانه‌ای از پلی‌مر مذاب را به کمک اکسترودر و جریان هوا به شکل یک حباب بزرگ تولید می‌کند. این حباب از طول توسط فشار هوا و از طرفین توسط غلطک‌های کناری کشیده می‌شود تا بدین ترتیب از ضخامت آن کاسته شود (شکل ۲۴). در این حالت می‌توان به «جهت‌دهی» معادل با $80X$ دست پیدا نمود. این روش برای تهیه کیسه نیز بسیار مناسب است. به هر روی از آنجا که به احتمال زیاد ضخامت در همه قسمت‌ها یکسان نیست، بنابراین کل این سیستم به صورت منظم بدور خود گردش می‌نماید تا بدین ترتیب هر نوع تفاوت ضخامت به صورت یکسان بر روی غلطک جمع‌کننده، ظاهر شود. سطح لایه‌های تولید شده را می‌توان به طرق مختلف تیمار نمود. از جمله این روشها، اکسید کردن سطح است که یا با استفاده از جرقه الکتریکی و یا شعله

انجام می‌شود. متالیزه کردن سطح در خلا نیز از دیگر روشهای معمول است که می‌تواند خواص ممانعتی را بهبود محسوسی بخشد.

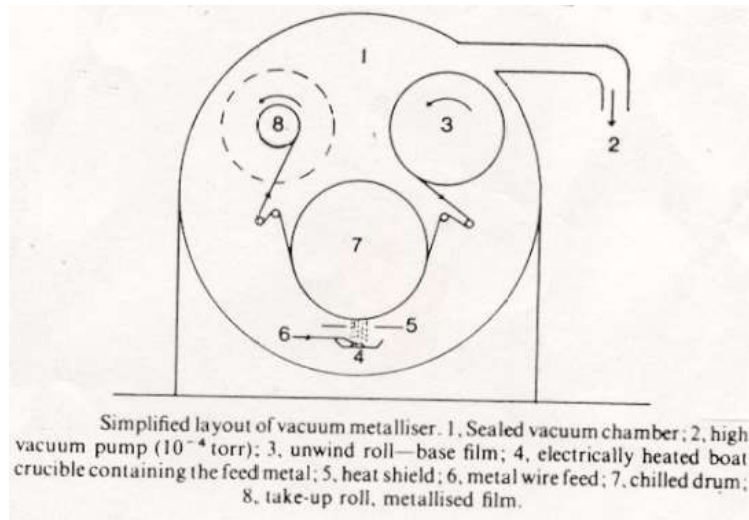


شکل ۲۴- اکسترودرهای دارای قالب حلقوی

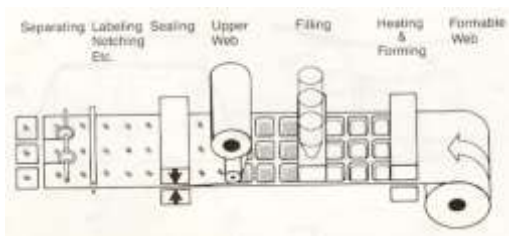


شکل ۲۳- اکسترودرهای دارای قالب های تیغه ایی

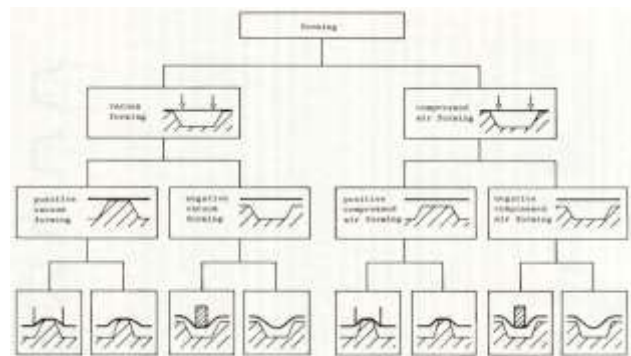
در یک محفظه که خلا در آن ایجاد شده، لایه را در مجاور بخار آلومینیوم قرار می‌دهند بطوری که لایه نازکی از آن بر روی سطح لایه پلی‌مری خواهد نشست. (شکل ۲۵) این نوع لایه‌ها (metallized) صرف از نظر درخشندگی و سطح براق، از عبور نور نیز جلوگیری می‌نمایند. لایه‌های ضخیم یا صفحات را به کمک حرارت می‌توان به شکل دلخواه در آورد. در این حالت ابتدا صفحات گرم شده و سپس با فشار به درون یک قالب سرد رانده می‌گردد. جهت اعمال فشار می‌توان از فشار هوا، نیروی خلاء (فشار معکوس) و یا سمبه استفاده کرد (شکل ۲۶). از این روش می‌توان روی خط تولید و کمی قبل از دستگاه پرکن نیز استفاده نمود (شکل ۲۷).



شکل ۲۵- متالیزه کردن ورق پلیمری یا کاغذی در خلا

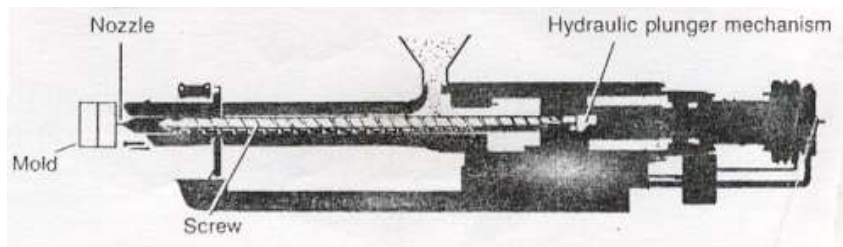


شکل ۲۷- شکل دهی به لایه پلیمر با استفاده از حرارت و خلاء بصورت برخط



شکل ۲۶- شکل دهی به لایه پلیمر با استفاده از حرارت و خلاء

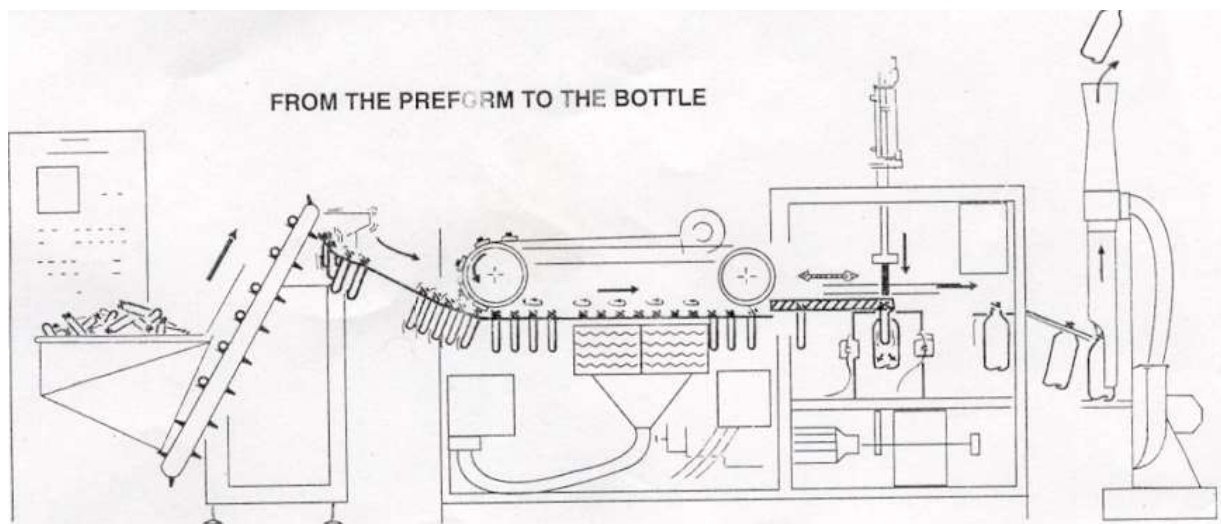
پلیمرها که به صورت گرانول یا پودر هستند را می توان به صورت ظروف نیز در آورده. در این زمینه از دو روش قالب گیری تزریقی و یا قالب گیری به کمک فشار هوا استفاده می گردد. روش اول (شکل ۲۸) اکسترودر، پلی مر مذاب را به درون یک قالب سرد که دقیقاً به شکل ظرف مورد نظر است تزریق می نماید. در روش دوم که بسیار شبیه 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 صورت می گیرد. آزمایشات نشان داده است که جذب مواد معطره و یا حتی رنگ در قسمت های استوانه ای 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- تصویر Parison یا Preform
به روش تزریقی آماده شکل دهی مجدد

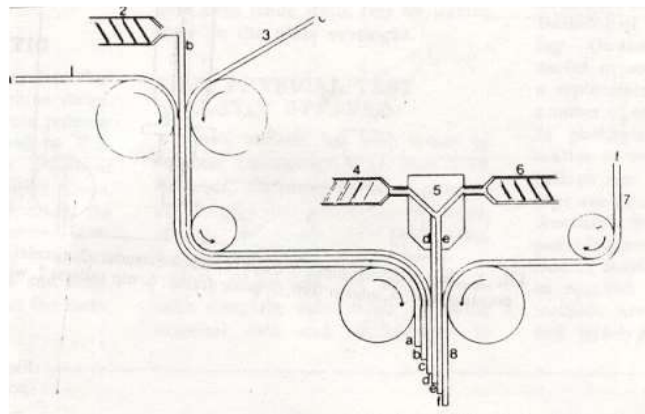


شکل ۳۰- تهیه بطری پلی مری از ظرف اولیه با استفاده از حرارت و دمیدن هوا

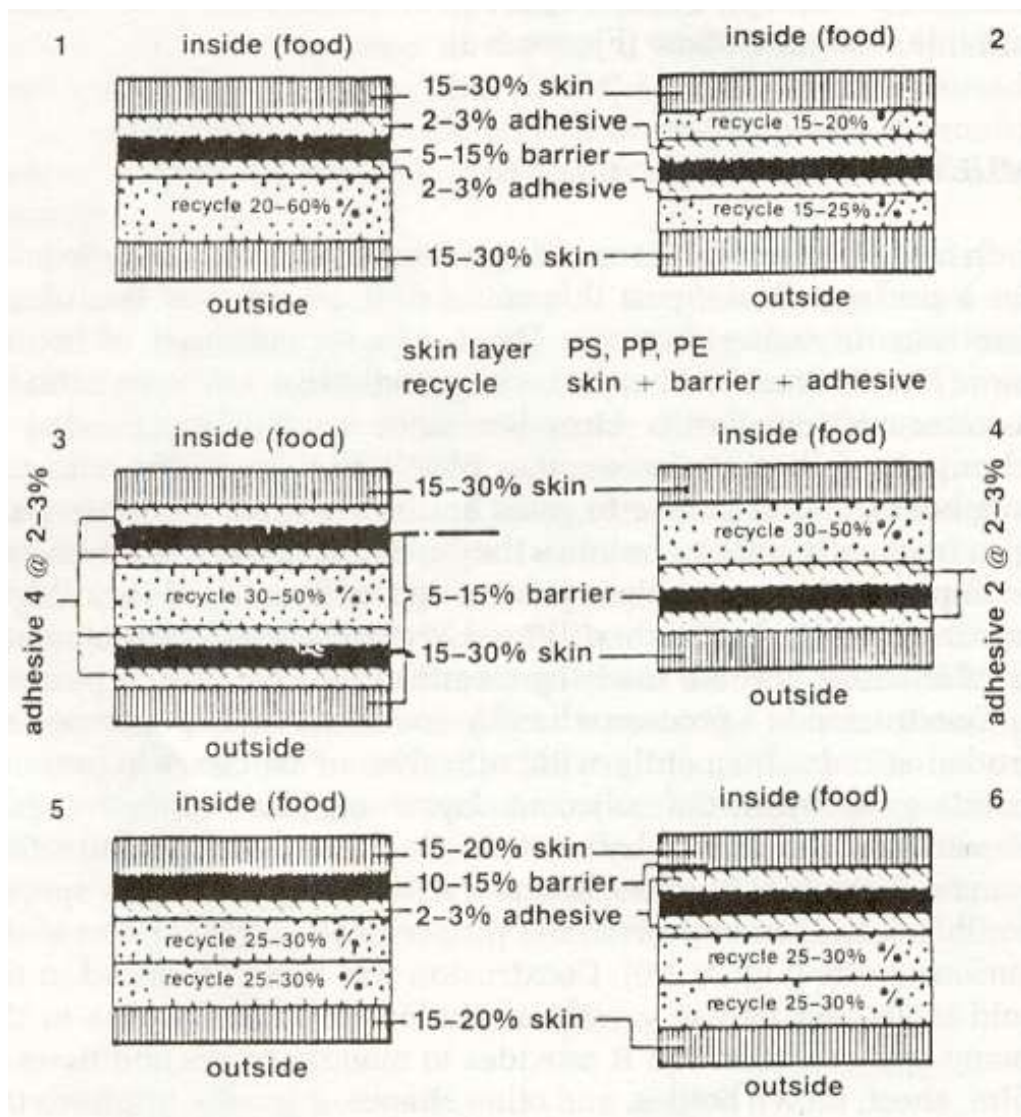
لایه‌های پلی مری به ندرت به تنهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند و معمولاً از آنها به صورت چند لایه جهت بهبود خواص استفاده می‌شود. معمولاً لایه‌ها توسط پلی مرهایی که خاصیت چسبندگی خوبی دارند و یا چسب‌هایی چون EVA و یونومرها به یکدیگر متصل می‌گردند. در اغلب اوقات از ورقه‌های نازک آلومینیومی (foil) نیز جهت بهبود خواص استفاده می‌شود. در تهیه ورقه‌های پلی مری متشکل از چند لایه، از چند دستگاه اکسترودر که به صورت همزمان مواد پلی مری و چسب‌ها را به قالب می‌رانند تشکیل شده است. (شکل ۳۱)

اکسترودرها را می توان به نوعی تنظیم نمود که ورقه نهایی به صورت متقارن و یا غیر متقارن باشد (شکل ۳۲)

همین روش را می توان برای روکش کردن مثلاً ورقه های کاغذی یا مقوایی 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

الف-چوب

چوب قرنهایست که جهت بسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد و ماده‌ای است که می‌توان آن را به راحتی شکل داده، بهم متصل نمود و بر حسب منبع از استحکام خوبی نیز برخوردار است. چوب حاصل از جنگل به صورت الوار، خاک‌اره یا ترکه‌ای بوده که به محصولات متفاوتی چون تخته چند لایه، نئوپان (که از تکه‌های اره کاری بدست می‌آید)، خمیر کاغذ، کاغذ و مقوا تبدیل می‌گردد. در برخی از نقاط دنیا از چوبهای ترکه‌ای هنوز هم برای ساخت انواع سبد و جعبه استفاده می‌گردد. معمولاً از چوبهای نرم جهت تولید بسته استفاده می‌گردد و این امر تحت تأثیر نوع درخت و چوب حاصل از آن می‌باشد. در جدول ۱ درختها بر حسب ارجحیت به چهار دسته تقسیم شده‌اند که با نزدیکتر شدن به گروه چهار ارجحیت و برتری چوب کاهش می‌یابد. الوارهای چوبی که جهت استفاده و ساخت جعبه به کار می‌روند باید به خوبی خشک شوند بگونه‌ایی که رطوبت آنها به حدود 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 می‌دهد، قدرت و استحکام چوب را بیشتر می‌کند و بالاخره آن را برای انجام عملیات بعدی همچون پرداخت آماده می‌سازد. خشک کردن یا در محیط صورت می‌گیرد و یا در محفظه‌های کنترل شده (از نظر درجه حرارت و میزان رطوبت) که به روش اخیر kiln drying گفته می‌شود و می‌تواند در مدت کوتاهی (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. در جدول ۲ خواص تعدادی از چوبهای مصرفی جهت تولید جعبه نشان داده است.

جدول ۱- چوب‌های مورد استفاده جهت تهیه جعبه

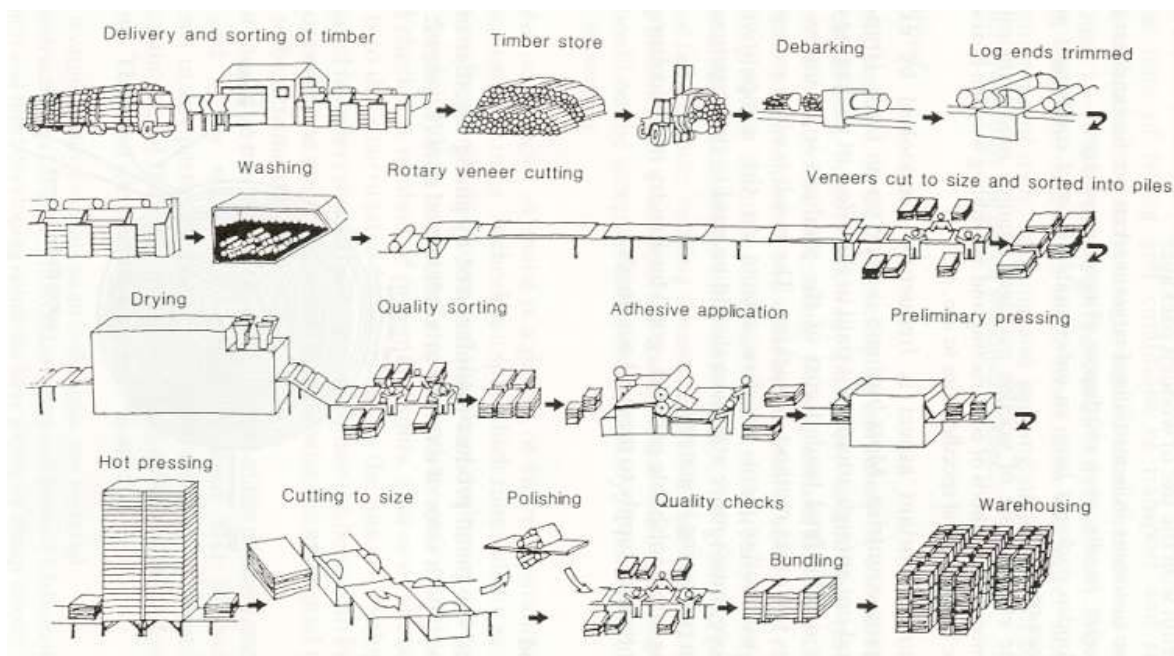
Group ۱	Group ۲	Group ۳	Group ۴
Alpine fir	Agba	Black ash	Beech
Aspen	Douglas fir	Black gum	Birch
Basswood	Hemlock	Maple	Hichory
Cedar	Larch	Red gum	Osk
Chestnut	Gaboon	Sycamore	Rock elm
Cottonwood	Lime	White elm	White ash
Jack pine	Obeche		
Lodge polepine			
Norway pine			
Spruce			
White pine			
White fir			
White pine			
Willow			
Yellow			

در هر حال الوار (Timber) و یا کنده (Log) حاصل از جنگل را می‌توان به صورت تخته چن‌دلا (Plywood) و یا فیبر (Fibre boards) در آورد، هر چند که قسمت عمده آن بدون هیچ گونه فرآیندی پس از بریده شدن در اندازه‌ها و قطعات مورد نظر، جهت ساخت جعبه به کار می‌رود.

جدول ۲- خواص چوب‌های مورد استفاده جهت تهیه جعبه

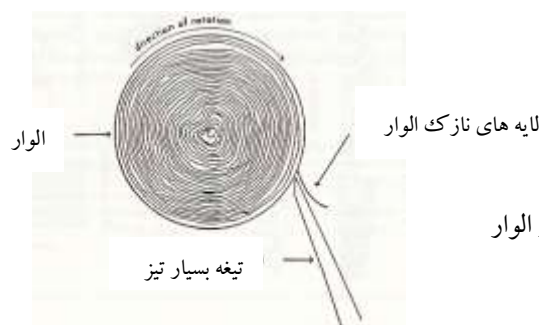
Species	دانسیته (g/m ^۳)	چروکیدگی حجمی (%)
Oak (<i>Quercus alba</i>)	۰/۷۱	۱۵
Beech(<i>Fagus sylvatica</i>)	۰/۶۸	۱۸
Birch (<i>Betula verra cosa</i>)	۰/۶۱	۱۴
Pine (<i>Pinus sylvestris</i>)	۰/۴۹	۱۲
Spruce (<i>Picea abies</i>)	۰/۴۳	۱۲

فرآیند ساخت تخته چندلا را می توان در شکل ۱ مشاهده نمود. الوار پس از حمل به کارخانه، ابتدا پوست گیری می شود و آنگاه قسمتهای زائد در دو انتها بریده می گردد (Trimming).



شکل ۱- فرآیند ساخت تخته چندلا

پس از شستشو، الوارها ضمن چرخش توسط یک تیغه ی بسیار نازک به ورق های بسیار نازک (Veneer) تبدیل



شکل ۲- طرز تهیه لایه های نازک از الوار

می گردند (شکل ۲). این ورق های نازک پس از آنکه در اندازه های معین در آمدند، خشک شده و بر حسب مورد توسط چسب تعدادی از آنها به هم چسبانده شده، به صورت گرماگرم تحت فشار قرار می گیرند تا جهت ساخت جعبه استفاده گردند. در ساخت فیبر، ضایعات حاصل از اره کاری و قطعات کوچک باقیمانده از الوارها، به صورت قطعات کوچک (chips) در می آیند. این قطعات سپس توسط بخار و فشار نرم شده و به آن آب اضافه می گردد 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 می شود تا حالت الیافی بدست آید. در مرحله بعد

پس از خارج کردن آب، خمیر مرطوب از میان غلطک‌هایی عبور کرده و بدین ترتیب الیاف در یکدیگر ادغام می‌گردند و در نهایت توسط آون کاملاً خشک می‌شوند. یکی از اقداماتی که به هنگام ساخت جعبه از فیبر ممکن است صورت پذیرد خم نمودن فیبر است که معمولاً از نیروی فشار استفاده می‌گردد هرچند که نمی‌توان به شعاع کمتر از 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.

ب: 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، هرچند که هنوز هم چوب درختان اولین و مهم‌ترین منبع الیاف‌های سلولزی به شمار می‌آیند. صرف نظر از چوب، از چندین ماده غیر سلولزی دیگر جهت تولید کاغذ استفاده می‌شود که از آن جمله می‌توان به املاح، جهت پوشش دادن، رنگ‌ها و موادی که چوب را به نفوذ آب مقاوم می‌نماید اشاره کرد. این مواد را اصولاً می‌توان در چهار دسته رده‌بندی نمود:

الف - پرکننده‌ها:

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

ب - متصل کننده‌ها (قوام دهنده‌ها):

که 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):

که 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 مبنای دو صورت نرم و سخت دیده می‌شوند. جهت آهار زدن کاغذ از امولسیون‌های مومی و رزین استفاده می‌گردد.

ت - افزودنیهای متفرقه:

مانند پیگمان‌های رنگی جهت تولید کاغذ رنگی، صمغ جهت سهولت شکل‌دهی و ترکیبات ضد کف. چوب ماده اولیه عمده تولید کاغذ است. تنه درخت از دو لایه پوست داخلی و خارجی تشکیل شده که در زیر آن لایه رشد که حاوی 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 باریکتر از تار موی انسان دارای چند میلی‌متر طول بوده و لیگنین آنها را در کنار هم نگه می‌دارد و مانند چسب عمل می‌نماید.

۲- فرآیند تولید خمیر کاغذ

نکته مهم در این فرآیند آن است که خواص یک کاغذ یا مقوا به شدت تحت تأثیر خواص خمیر تهیه شده از چوب می‌باشد. خمیر به دو روش مکانیکی و شیمیایی و با استفاده از چوبهای سخت (پهن برگ‌ها) و یا



شکل ۳- لایه های تنه درخت

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

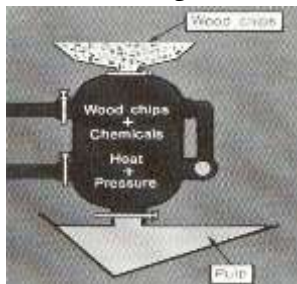
الف: تهیه خمیر به روش مکانیکی

کاغذ به دست آمده در این روش از وزن بالا، استحکام پایین و البته قیمت نه چندان بالا برخوردار است و از آن جهت بسته بندی کمتر استفاده می شود. در این روش الوارهای بدون پوست چوب به بلندی ۱/۲ متر توسط غلطک های زیر آسیاب و رنده می شوند، تا به قطعاتی در حدود ۱۵-۲۰ میلی متر درازا برسند. از جریان آب نیز بهره گرفته می شود تا بدین ترتیب الیاف سلولزی بیشتر جدا شوند (شکل ۴). در این روش صرفاً ناخالصی های محلول در آب جدا می شوند و بخش اعظم لیگنین در خمیر باقی می ماند ضمن آنکه بخشی از الیاف به صورت دسته باقیمانده و بخشی نیز دچار آسیب می گردند. از این خمیر برای تهیه کاغذ روزنامه استفاده می گردد و گاهی نیز با خمیر حاصل از روش شیمیایی مخلوط شده، به مصرف تولید مقوا می رسد.

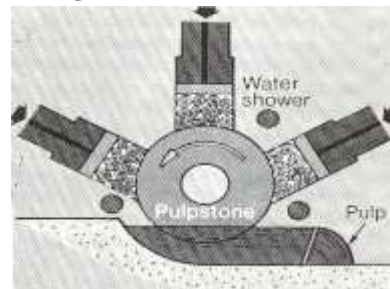
ب: تهیه خمیر به روش شیمیایی

این روش با قطعات کوچک و رنده شده (chips) کار خود را شروع می نماید و سپس با استفاده از مواد

شیمیایی لیگنین را به صورت محلول در می آورد که پس از شستن خارج خواهد شد (شکل ۵).



شکل ۵- تهیه خمیر کاغذ به روش شیمیایی



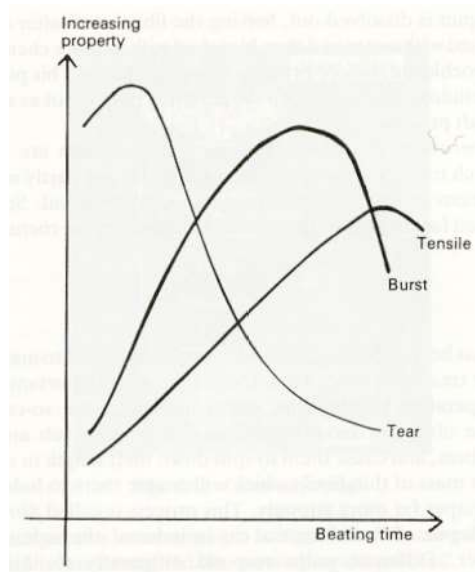
شکل ۴- تهیه خمیر کاغذ به روش مکانیکی

این روش الیاف را با خلوص بیشتری تولید می کند و آسیب دیدگی الیاف کمتر بوده و حالت دسته ای به ندرت دیده می شود. روش شیمیایی را می توان 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 بسته بندی، سه روش شیمیایی است از اهمیت بیشتری برخوردار هستند که شامل فرآیند کرافت (kraft) که استحکام الیاف به خوبی حفظ می شود، 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. وجود سولفات سدیم باعث می‌شود که در حین فرآیند، سولفید سدیم تولید گردد. با جمع‌آوری سولفید سدیم و سپس استفاده مجدد از آن در درجه حرارت و فشار بالا، سود سوزآور تولید می‌گردد که کار هضم را به انجام خواهد رساند. علت نامگذاری این روش به کرافت آن است که در زبان سوئدی کرافت به معنی «قوی» می‌باشد. اولین نمونه‌های کاغذ بدست آمده به این روش بیشتر به رنگ قهوه‌ای بوده و از سوی دیگر به دلیل وجود الیاف‌های بلند که به صورت غیر یکنواخت در بافت کاغذ توزیع شده‌اند، 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، توسط ماده شیمیایی رنگبر همچون هیپوکلریت کلسیم رنگبری می‌گردد با این روش، الیاف سلولزی با خلوص بالا تولید می‌شود، هرچند استحکام کاغذ آن مانند روش قبل نخواهد بود. در روش نیمه شیمیایی، خرده چوب تا حدودی به روش مکانیکی و تا حدودی به روش شیمیایی تیمار و کاغذ حاصل از این نوع خمیر برای تولید کاغذ و مقوای کنگره‌دار (corrugated) استفاده می‌گردد.

۴- 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 کاملاً مجزا در آیند تا بتوان آنها را در کاغذ به صورت محکم کنار هم قرار داد. به این فرآیند الیاف‌سازی (fibrillation) گفته شده و هرچه بهتر صورت گیرد، کاغذ از استحکام بیشتری برخوردار خواهد شد. (شکل ۶).



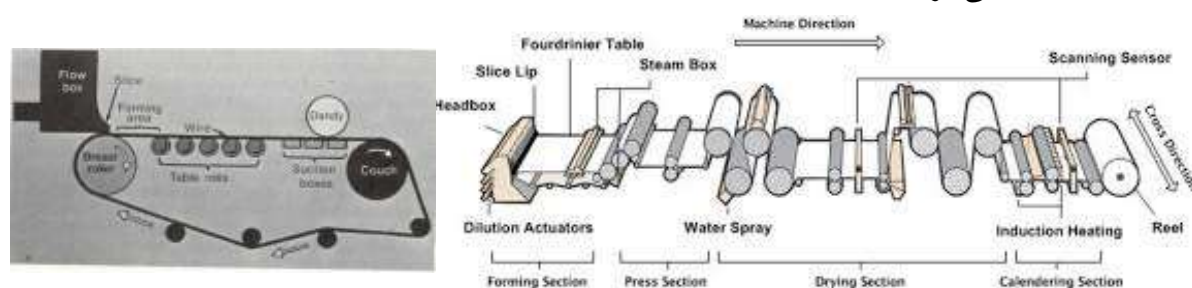
شکل ۶- نمایش نحوه تاثیر زدن الیاف سلولزی بر خواص کاغذ

چوب‌های نرم در مقایسه با انواع سخت راحت تر فرآیند فوق را تحمل می‌نمایند و از همین رو از چوبهای نرم کاغذهایی با استحکام بیشتر و کیفیت بهتر می‌توان بدست آورد. در این عملیات و بواسطه حرکت تیغه‌ها، بخشی از الیاف برش خورده و کوتاه می‌شوند که هرچند باعث کاهش استحکام کاغذ می‌شوند، اما می‌تواند در حرکت کاغذ بر روی ماشین‌های برش و چاپ تسهیل ایجاد نماید. زدن خمیر تأثیر زیادی بر خصوصیات کاغذ تولید دارد که می‌توان این تاثیر را در شکل ۶ مشاهده نمود. خمیر پس از آنکه آماده شد، به ماشین‌های ساخت کاغذ منتقل می‌گردد. این ماشین‌ها فوردراینیر (Fourdrinier) نامیده می‌شود و از ۸ قسمت شامل ۴ بخش مربوط به قسمت مرطوب و ۴ بخش مربوط به قسمت خشک است، تشکیل شده است.

قسمت مرطوب	قسمت خشک
مخزن ورود خمیر stuff box	پرس کردن
مخزن هم زدن head box	خشک کن
شکاف slice	براق کن
سیستم فوردراینیر fordrinier	صاف کن

در مخزن اولیه یا stuff box حاوی مخلوط آبکی خمیر کاغذ حاوی ۹۷ قسمت آب و ۳ قسمت خمیر است اما از آنجا که تهیه کاغذ از آن آسان نیست باز هم رقیق شده تا غلظت خمیر به ۰/۵ درصد برسد و بنابراین خمیر دارای ۹۹/۵ درصد آب خواهد بود. در head box، مخلوط الیاف و آب به آرامی بهم زده شده تا سوسپانسیون

یکنواختی تشکیل گردد. در جلوی head box یک شکاف باریک (slice) است که از طریق آن مخلوط الیاف و آب به صورت لایه نازک بر روی نقاله منتقل شده و می‌توان اندازه این شکاف را کم یا زیاد نمود. نقاله فوردراینر 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 انتقال داده، ضمن آنکه خمیر رقیق تا رسیدن به این غلطک مقداری از آب خود را هم از دست می‌دهد. این عمل توسط تعدادی غلطک که در زیر نقاله قرار گرفته و عمل مکش را انجام می‌دهند تسریع می‌گردد. در این مرحله، صفحه الیافی (fiber mat) 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 دارای ۴ بخش انتقال می‌یابند. اولین بخش پرس‌ها هستند. نحوه انتقال صفحات به این پرس بدین ترتیب است که از نقاله‌هایی از جنس نمد (felt) استفاده می‌گردد.



شکل ۷- دو نما مراحل تهیه صفحه الیافی مرطوب جهت تولید کاغذ

مجموعه نقاله نمدین و صفحه‌ها [۱۲] الیافی مرطوب ابتدا از پرس که ممکن است با و یا بدون مکش عبور می‌نماید. در پایان بخش پرس، 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. در همین مرحله 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 ویژگی‌ها را باید دارا باشد که می‌توان آنها را در دو دسته کلی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی دسته‌بندی نمود.

الف: ویژگی‌های 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: ویژگی‌های 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 کاملاً 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 مجدداً 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 و بنابراین جذب رطوبت باعث جدا شدن آنها می‌گردد. این نوع کاغذها که با کاغذهای مقاوم به بخار آب و یا واترپروف متفاوت هستند باید پس از اشباع شدن با آب قادر به حفظ استحکام خود در حد ۳۰ درصد از استحکام کاغذ خشک باشند. برای ساخت این کاغذ، از مواد شیمیایی مانند اوره و رزین‌های آمینی که قادر به ایجاد پیوند هیدروژنه هستند استفاده می‌گردد. 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 فوردراینیر، کاغذ بدست می‌آید که در مرحله دوم از میان حمام اسید سولفوریک که درجه حرارت و قدرت آن کاملاً کنترل شده عبور می‌نمایند. با غوطه‌ور نمودن کاغذ جاذب در اسید غلیظ، الیاف سلولزی متورم شده، خلل و فرج خود را پوشانده و فضای خالی بین الیاف پر می‌گردد و بدین ترتیب پیوندهای هیدروژنه زیادی شکل می‌گیرد و کاغذی به دست می‌آید که به آب مقاوم بوده، فاقد پرز (lint)، طعم و بو است و به چربی و روغن نیز مقاوم است و وزن آن ۴۰ تا ۷۵ گرم برای هر مترمربع متغیر می‌باشد.

ج - کاغذ گلاسه:

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

چ - کاغذ حریری:

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 می‌گردد.

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 دارند انجام 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).

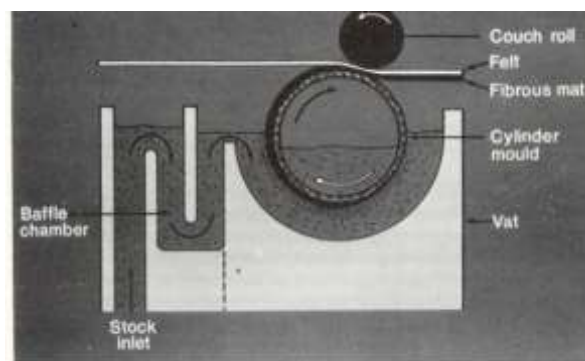


شکل ۱۱- بسته کاغذی مخصوص تهیه پاپ کورن در میکروویو

۶- تولید مقوا

مقوا از موادی است که به شکل گسترده ایی جهت بسته بندی بکار می رود. بر اساس تعریف ISO در صورتی که کاغذ دارای وزن ۲۵۰ گرم در هر مترمربع ($250 \frac{g}{m^2}$) یا بیشتر باشد، آن را مقوا می نامند. مقوا عمدتاً 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 معمولاً از خمیر چوبی که به روش شیمیایی تهیه شده و رنگبری گردیده است، می‌باشد. در زیر این لایه، یک لایه با کیفیت پایین ولی رنگ روشن وجود دارد تا از دیده شدن رنگ خاکستری یا قهوه‌ای، لایه‌های میانی جلوگیری نماید. خواص ساختار مقوا بسیار شبیه به آنچه در مورد کاغذ گفته شده بوده و خواص اختصاصی آن بیشتر تابع تعداد لایه‌های بکار رفته است. رگه یا الیاف در آن به صورت (MD) machine direction یعنی هم جهت با حرکت ماشین است و کمتر از نوع (CD) cross direction و عمود بر MD است. بنابراین استحکام نوع MD آن بیشتر می‌باشد. از نظر خواص سطحی، بستگی بسیار به عملیاتی دارد که بر روی لایه فوقانی و تحتانی صورت گرفته است. خواص نوری آن نیز شبیه به کاغذ است و همانگونه که ذکر شد باید جهت جلوگیری از بد رنگ شدن، یک لایه روشن زیر لایه فوقانی در نظر گرفته شود. نحوه ساخت آن نیز شبیه به کاغذ است و از ماشین 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 نسبتاً ضخیم خارج می‌گردد. برای آنکه بتوان به صورت همزمان، چند لایه را تولید و بر روی هم قرار داد می‌توان تعدادی از ماشین‌های فوردراینر را پشت سر هم قرار داد و یا آنکه یکی از این ماشین‌ها را در کنار یک یا چند قالب استوانه‌ای مورد استفاده قرار داد.



شکل ۸- قالب‌های استوانه‌ای ساخت مقوا

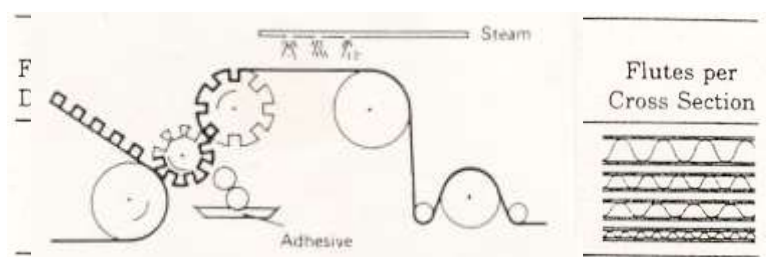
از نظر انواع مقوا ممکن است به صورت ساده (plain) باشد که در آن هیچگونه تیمار بر روی سطح انجام نگرفته و در مواردی که نمایش بسته اهمیت چندانی ندارد استفاده می‌گردد خاصیت چاپ‌پذیری خوبی نداشته از

استحکام زیاد برخوردار نیست. نوع دیگر، مقوای با رویه سفید است که علاوه بر ظاهر مطلوب، قابلیت چاپ و تاخوردگی را به خوبی دارا است و بیشترین مصرف را در بین مقواها دارد. سطح داخلی آن چندان جذاب نبوده و بنابراین از این مقوا در مواردی که ظاهر سطح داخلی از اهمیت برخوردار نیست استفاده می‌گردد. گاهی در اثر پرکردن قوطیهای ساخته شده از این نوع مقوا با آرد یا محصولات حاوی روغن لکه‌هایی بر روی سطح داخلی ایجاد می‌گردد که در این موارد استفاده از کیسه‌های پلاستیکی توصیه می‌شود. اگر کارتن ساخته شده از این مقوا، به صورت مکرر باز و بسته شود در این صورت برای آنکه ظاهر مقوا در قسمت داخلی نیز بهتر شود، باید از مقوایی که دو رویه آن سفید است (duplex board) استفاده نمود. از دیگر انواع مقوا باید مقوای حاصل از خمیر خالص را (pure pulp board) نام برد که برای آرد، محصولات قنادی و شکلات که احتمال نشت روغن و ایجاد لکه می‌رود 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 محصولات منجمد و سرد بهره برده می‌شود. اخیراً به جای موم از ترکیبات پلی‌اولفینی به صورت روکش استفاده می‌گردد. یکی از ابزارهایی که در جهت افزایش مقاومت مقوا خصوصاً نسبت به ضربه انجام می‌گیرد، قرار دادن یک لایه کنگره‌دار (corrugated) یا چین خورده (fluted) بین دو یا چند لایه کاغذ است و ممکن است 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 مقواهای کنگره‌دار بر حسب تعداد چین‌ها و ارتفاع هر چین به چهار دسته A و B و C و E که به ترتیب درشت، ریز، متوسط و بسیار ریز هستند تقسیم می‌گردند. (جدول ۳). از انواع A، B و C در مصارف صنعتی استفاده می‌گردد، حال آنکه نوع E بیشتر در مواردی که ظاهر بسته از اهمیت بسیاری برخوردار باشد با کاغذ دارای کیفیت چاپ بسیار خوب پوشانده می‌گردد.

جدول ۳ انواع مقوای چین خورده

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

کاغذهایی که جهت چین‌دار 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 روکش‌دهنده (liners) که جهت پوشش چین‌ها استفاده می‌گردد، معمولاً از کاغذ کرافت رنگبری نشده و یا سایر کاغذهای با کیفیت نسبتاً پایین استفاده می‌شود. جدول ۴ گراماژ کاغذها را نشان می‌دهد. چین‌دار 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.

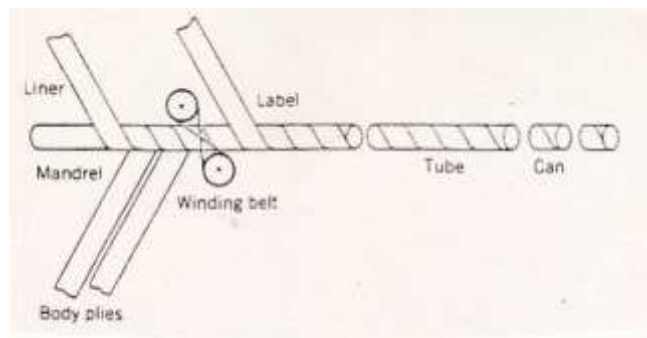


شکل ۹- نحوه چین‌دار کردن کاغذ و مقطع عرضی چین‌ها

در روش تهیه کاغذ اصولاً الیاف به صورت موازی هم و موازی جهت ماشین تولید کاغذ در می‌آیند و بنابراین اگر از آنها جهت تولید قوطی استفاده گردد، در مقابل فشارهای عمودی مقاومت چندانی از خود نشان نمی‌دهند که برای رفع آن، دو روش مورد استفاده قرار می‌گیرد: در حالت اول لایه‌های کاغذ به صورت مورب روی هم قرار داده می‌شوند (شکل ۱۰) که به این ترتیب الیاف نیز به صورت مورب قرار گرفته و بنابر این از استحکام بیشتری برخوردار خواهند بود. در تکنولوژی جدیدتر از کاغذهایی که برخی از الیاف آن با زاویه ۹۰ درجه در کنار الیاف موازی واقع شده‌اند، استفاده شده است.

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

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



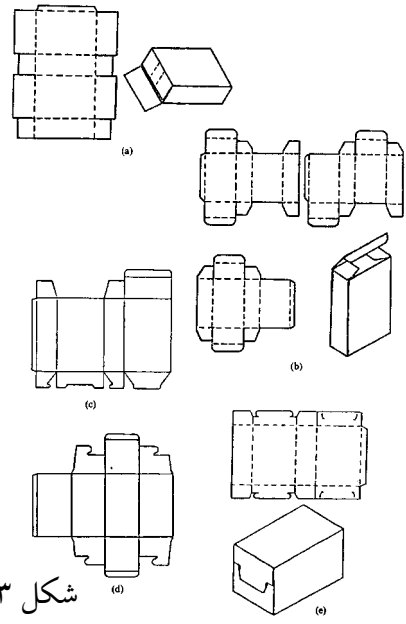
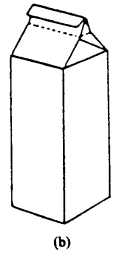
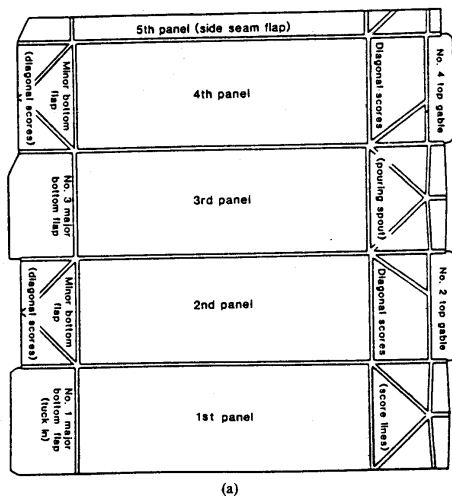
شکل ۱۰- تهیه قوطی مقوایی به روش پیچش مورب

۶- انواع بسته های مقوایی

گذشته از قوطی های مقوایی که طرز ساخت آن بیان گردید و معمولا دارای در های فلزی (آلومینیوم و یا فولاد قلع اندود) در بخش های فوقانی و تحتانی هستند و حتی می توان انها را تحت خلا نیز در آورد، (شکل ۱۲) مقوا را می توان به صورت انواع کارتن های کوچک و بزرگ در آورد که انواع کوچکتر به شکل وسیعی به عنوان بسته اولیه کاربرد دارند (شکل ۱۳).



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



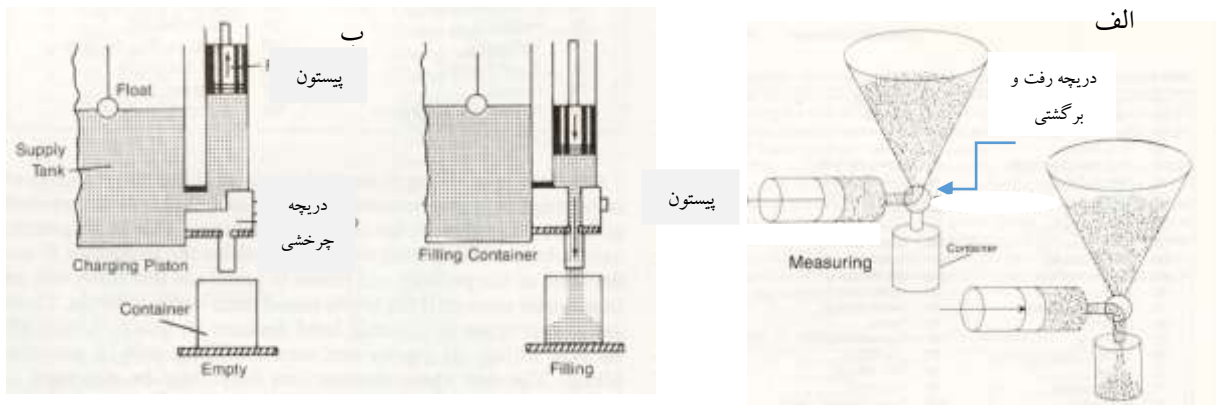
شکل ۱۳- چند نمونه کارتن مقوایی

فصل هشتم
روشهای پرکردن

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 موردنظر از طریق دریچه وارد ظروف بسته بندی خواهد شد (شکل ۱).

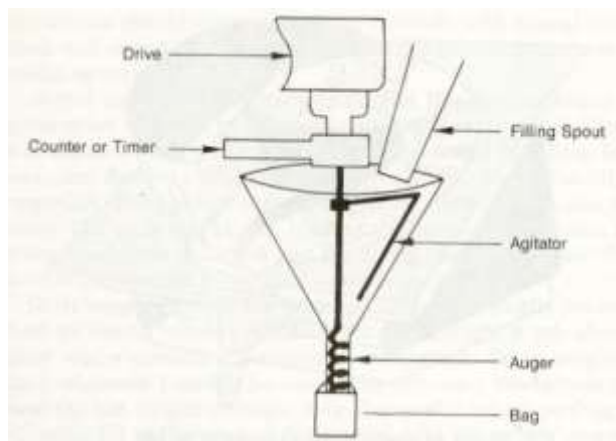


شکل ۱- نحوه عملکرد پرکننده های پیستونی الف: دریچه رفت و برگشتی، ب: دریچه چرخشی

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 محصول 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.

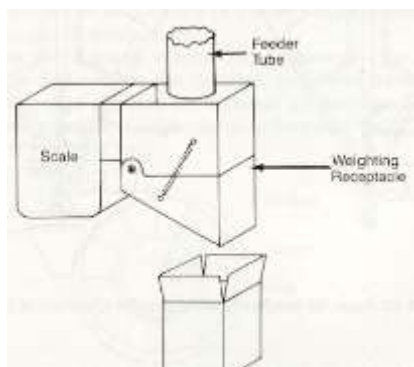
ب: پر کردن محصولات خشک

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

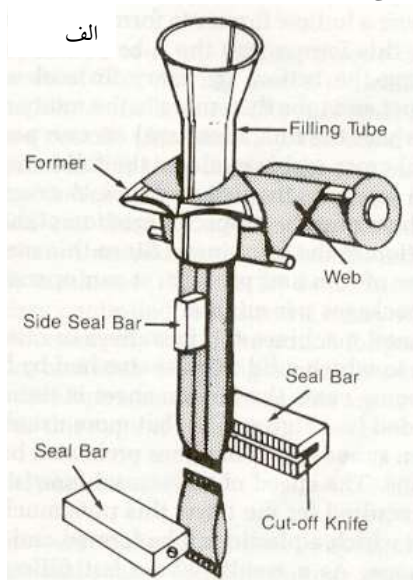
محصولات پرک مانند باید با دقت بسیار فرآیند شوند تا از شکستگی آنها اجتناب شود. با توجه به تنوع محصولات خشک از روشها و وسایل بسیار گوناگونی در این قسمت بهره گرفته می‌شود ولی می‌توان آنها را در سه دسته کلی پر کردن بر حسب تعداد، بر حسب وزن و بر حسب حجم تقسیم بندی نمود. در روش اول که برای محصولاتی مانند بیسکویت و کیک و ... بکار می‌رود ابتدا محصول در ستون شمارش قرار گرفته و پس از آنکه به تعداد لازم از محصول در این ستون جای گرفت، در درون بسته جای داده خواهد شد. در همین زمینه می‌توان از چشم‌های الکترونیک و یا دیسک‌های مخصوص نیز جهت شمارش استفاده نمود. در روش دوم، وزن محصول به صورت خالص (net) و یا ناخالص (gross) سنجیده شده و سپس وارد بسته می‌گردد (شکل ۳).



شکل ۳- پر کردن با استفاده از سیستم ترازویی

روشهای حجمی به چهار شکل عمل پر کردن را انجام می‌دهند که عبارتند از: تحت خلاء، مته‌ای (حلزونی عمودی)، فنجان‌ی و بالاخره جریان ثابت. جریان ثابت صرفاً در محصولاتی که دارای bulk density ثابتی هستند استفاده می‌شود. در پرکن‌های تحت خلاء، مطابق خلاء ایجاد شده در بسته، محصول به درون آن ریزش می‌نماید و بنابراین حجم بسته خود عامل کنترل خواهد بود. در روش 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.

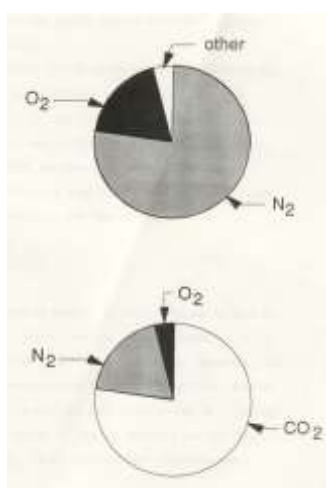


شکل ۴- روش شکل‌دهی-پر کردن-دربندی عمودی

بسته‌ها ممکن است از سه طرف و یا چهار طرف دربندی (seal) شوند و بسته‌های حاصل عموماً به شکل کیسه (pouch) هستند. محصولات غذایی مختلف که در ظروف و پوشش‌ها قرار گرفتند ممکن است از پوشش دیگری که به دور آنها پیچیده می‌شود نیز برخوردار گردند. پیچیدن (wrapping) در موارد بسیاری انجام شده و ممکن است در تماس مستقیم با ماده غذایی باشد (مثلاً در مورد شکلات‌ها، آب نبات‌ها) و یا آنکه نباشد (مثلاً جعبه همان شکلات). امروزه از مواد پلی‌مری شفاف خصوصاً لایه‌های نازک پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن و PET استفاده می‌شود، که ممکن است همراه با ورق‌های نازک کاغذ و آلومینیوم نیز باشند. گاهی مواد پلیمری بر روی محصول انداخته شده و سپس وارد تونل حرارتی می‌گردد تا پس از جمع شدن (shrinkage)، کاملاً محصول را در بر گیرد. در بحث پیچیدن دو اصطلاح slip و COF (coefficient of friction) مطرح است. واژه slip به معنی سهولت حرکت لایه‌ها در دستگاهاست که هرچه بیشتر باشد ضریب اصطکاک یا COF کمتر خواهد بود و می‌توان با سرعت بالاتر و بدون ایجاد وقفه در فرآیند (بدلیل احتمال پارگی) عملیات بسته‌بندی و پیچیدن را به انجام رساند.

فصل نهم: بسته‌بندی مواد غذایی در محیط با هوای 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 دریافتند که می‌توان با افزایش مقدار گاز CO_2 و کاهش مقدار اکسیژن، انجام واکنش‌های متابولیکی در محصولات دارای تنفس را به تأخیر انداخته، سرعت رشد میکروب‌های هوازی را کاهش داد. از دیگر مزایای این روش می‌توان به مواردی همچون کاهش چروکیدگی محصول به دلیل از دست دادن رطوبت، ایجاد تأخیر در رسیدن محصول خصوصاً میوه و سبزی و بالاخره حفظ بهتر رنگ، عطر و طعم و بافت اشاره نمود. ذکر این نکته ضروری است که روش MAP هرگز نمی‌تواند یک محصول با کیفیت پائین را به محصولی خوب و مرغوب تبدیل نماید و بنابراین اولین گام، دارا بودن محصول مناسب و با کیفیت خوب است. بسته‌بندی به این روش MAP، به معنی قرار دادن محصول در بسته‌ها و پوشش‌های غیرقابل نفوذ یا تا حدودی نفوذپذیر به گازها است. سپس ترکیب فضای درون بسته 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: دی اکسید 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 ننگرفته و به حیات خود ادامه می‌دهند، هرچند تأثیر باکتریهای اسید لاکتیک در حضور گاز دی اکسید 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. دی اکسید 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 نحوه اثر
اکسیژن	متوقف کردن متابولیسم پایه جلوگیری از فسادهای هوازی
نیترژن	از نظر شیمیایی بی اثر جلوگیری از اکسیداسیون (رنسید شدن) متوقف نمودن فعالیت باکتریها و قارچها
دی اکسید کربن	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 کاملاً خارج می گردد و سپس گاز با ترکیب مشخص به درون بسته تزریق می شود. گاهی نیز عمل خلا صورت نگرفته و صرفاً گاز با ترکیب معین با فشار تزریق می گردد که همین فشار باعث می گردد تا هوای درون بسته خارج گردد.

ب: لایه ها و پوشش های مورد استفاده

این لایه ها متنوع بوده ولی باید از نوع مجاز (food grade) باشند و بیشتر به صورت چند لایه (laminate) از آنها استفاده می گردد. لایه ها متفاوت بوده ولی در هر حال از PE و surlyn در ترکیب آنها استفاده شده است. لایه ها ممکن است از پلی مرهای مختلفی تهیه شده باشند که می توانند شامل نایلون (که دارای نفوذپذیری متوسط بوده) تا ساران (که کاملاً نفوذناپذیر است) باشند. جدول ذیل (شماره ۲) خصوصیات تعدادی از این لایه ها را نشان می دهد.

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 شکل دهی	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
PE (۴٪ EVA)	۸۰۰۰	۲۵	ضعیف	خوب
PE (۸٪ EVA)	۸۵۰۰	۳۰	خوب	بسیار خوب
PE (۱۸٪ EVA)	۱۳۰۰۰	۴۰	خوب	بسیار خوب
L-LDPE	۵۰۰۰	۱۰	خوب	بسیار خوب
یونومر (Surlyn)	۵۴۰۰	۲۷	خوب	بسیار خوب

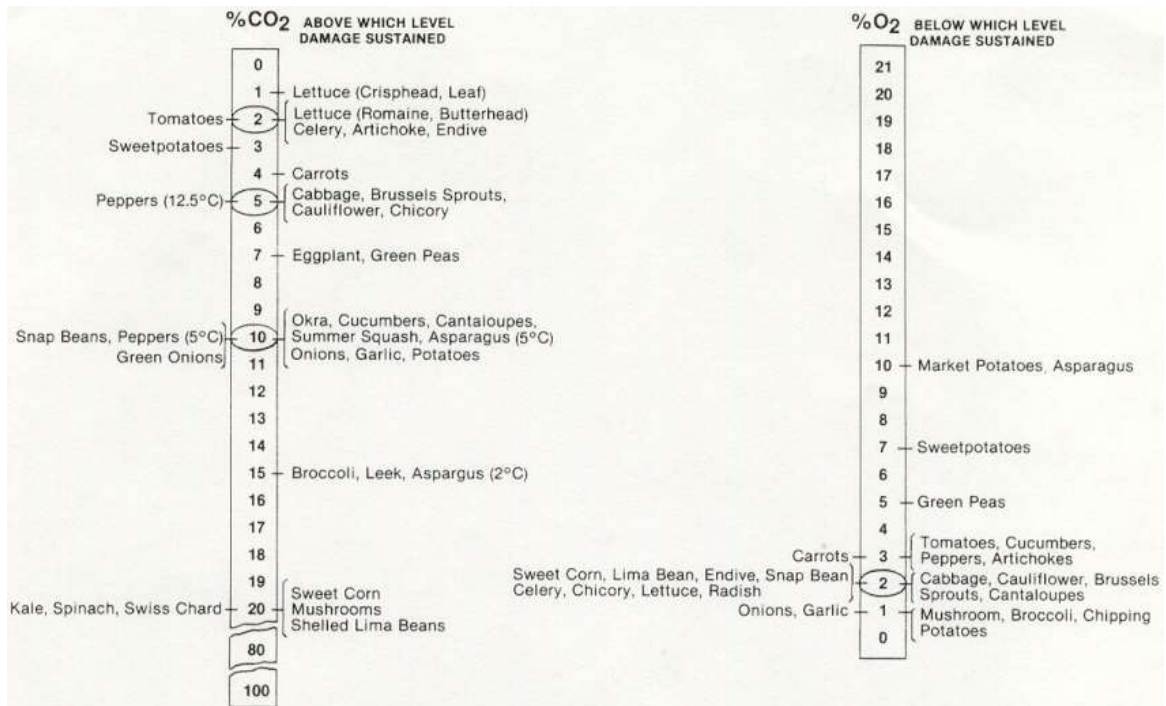
ج : نسبت گازها در ترکیب

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 و ... 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 فاکتورهای چون رنگ مطرح است (مثلاً در مورد گوشت) وجود درصدی از گاز اکسیژن مفید خواهد بود. جدول شماره ۳ ترکیب گازها را در مورد تعدادی از محصولات نشان می‌دهد.

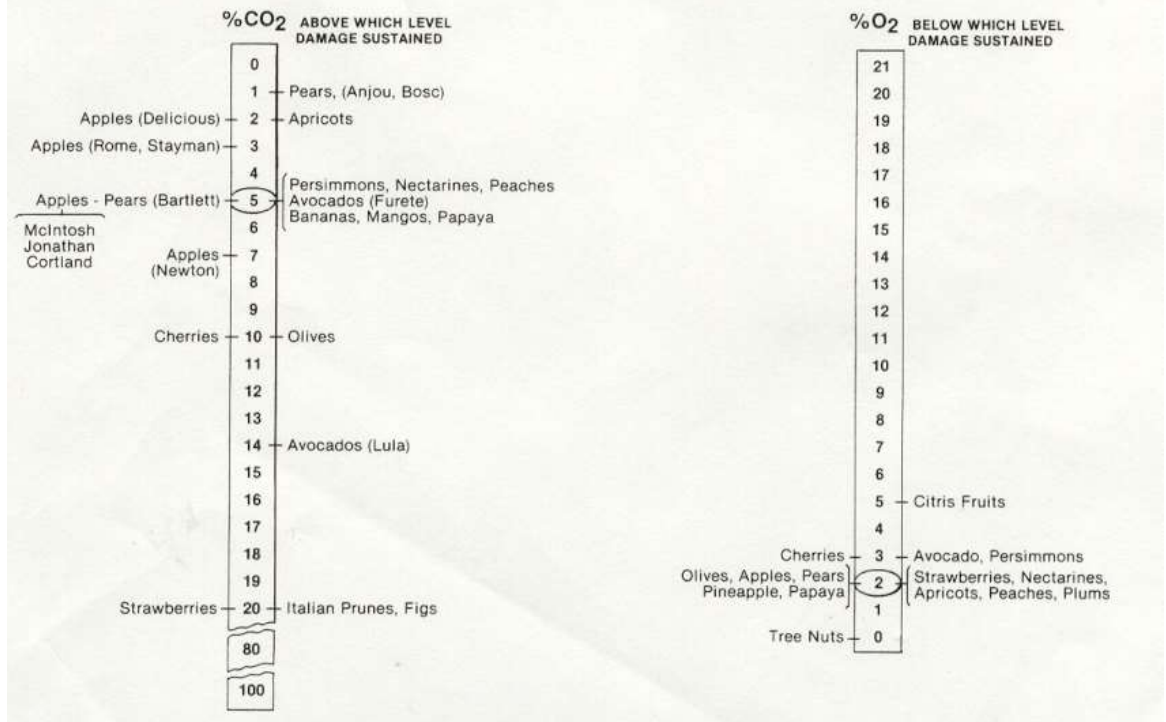
جدول ۳- ترکیب مناسب گازها در MAP در چند فرآورده غذایی

نام محصول	اکسیژن (%)	نیترژن (%)	دی اکسید کربن (%)
ورقه‌های 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 می‌توان از گاز دی اکسید کربن بیشتری استفاده نمود بدون آنکه رنگ آسیبی ببیند. در مورد ماهی‌ها، حذف اکسیژن جهت جلوگیری از اکسیداسیون چربی‌های آنها باید مورد توجه باشد، ضمن آنکه باید بسته‌ها را در برودت کمتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد حفظ نمود. در مورد میوه‌ها 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 می‌افتد و غلظت گاز دی اکسید کربن که در بالاتر از آن غلظت، فساد رخ نخواهد داد را نشان می‌دهد. به عنوان مثال در مورد نخود سبز (نخودفرنگی) میزان اکسیژن باید در بسته کمتر از ۵ درصد و میزان گاز دی اکسید کربن بیش از ۷ درصد باشد. در محصولاتی 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 می‌شود.



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



شکل ۳- نحوه اثر کنترلی گازهای 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 مربع / 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. نوع فیلم با نام تجاری کورپولن (curpolene) 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 ای که وجود دارد آن است که آنها در دوره نگهداری و قبل از مصرف تولید CO₂ می نمایند. از آنجا که فیلم های با خواص ممانعتی بسیار خوب استفاده می شود بنابراین CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ (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. glassine 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

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

برای بسته های بزرگ

PVDC/ glassine یا ورق آلومینیوم / PE / OPP

و یا

OPP / ورق آلومینیومی یا PP متالیزه / PE

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 آن 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.