



# مجموعه مهندسی و ساخت ماشین آلات صنعتی قائم

تولید کننده ماشین آلات صنایع غذایی ، شیمیائی و تجهیزات وابسته

## ( ۱ ) مقدمه - آشنایی با سرکه :

سرکه مایعی است که از تبدیل الکل به وسیله باکتری استوباکتر به اسید استیک خوراکی بدست می آید .  
سرکه محصول دو تخمیر است : تخمیر الکی - تبدیل قند به اتانول توسط مخمر و تخمیر اسیدی - تبدیل اتانول به اسید استیک توسط باکتری های اسید استیک .  
نکته : اگرچه اسید استیک ترکیب اصلی سرکه است ، ولی با حل کردن اسید استیک در آب نمی توان ماده خوراکی سرکه ساخت .  
علاوه بر اسید استیک ترکیبات بسیار دیگری نیز در اثر فعالیت میکروبی ( باکتری استوباکتر ) در سرکه ایجاد می شود .  
برخی از این ترکیبات در شرایطی با هم واکنش می دهد و این ترکیبات باعث ایجاد ویژگی های خاص ارگانولپتیکی در انواع سرکه می شود . به عنوان مثال : اتیل استات از واکنش اسید استیک و اتانول ایجاد می شود .  
این ترکیبات شامل : اسیدهای آلی غیر فرار مانند اسید مالیک ، سیتریک ، سوکسینیک ، لاکتیک ، قندهای تخمیر نشده و غیر قابل تخمیر ، الکل و استالدهید اکسید نشده ، استوئین ، فسفات ، کلرید و سایر یون ها است .  
در اروپا بیشتر سرکه انگور ، در انگلستان بیشتر سرکه مالت و در امریکا بدلیل تنوع آب و هوایی هم سرکه انگور و هم سرکه مالت رایج است . در ژاپن و چین ، سرکه برنج و در مالزی ، سرکه آناناس رایج است .  
کاربردهای باستانی سرکه : در دوران باستان سرکه به عنوان یک ترکیب غذایی ، درمان زخم ها و بیماری هایی مانند طاعون ، سوختگی ها و بسیاری بیماری های دیگر استفاده می شد . همچنین به عنوان عامل پاک کننده و در مواد آرایشی استفاده می شد .  
کاربردهای امروزی : امروزه از سرکه بعنوان یک چاشنی غذایی برای صرف غذا ؛ تولید انواع شوری و ترشجات ( به دلیل ویژگی کاهنده pH و منع رشد باکتری ها در این محیط - حتی باکتری های اسپورزا زنده نمی ماند ) ؛ تولید انواع فراورده های غذایی مانند سس ها امروزه تقریبا ۷۰٪ سرکه در صنایع مختلف غذایی استفاده می شود .

## ( ۲ ) مهمترین انواع سرکه:

- ( ۱ ) سرکه Spirit یا تقطیری : سرکه بدست آمده از الکل تقطیر شده است .
  - ( ۲ ) سرکه سایدر : سرکه تخمیری است که از آب سیب یا میوه هایی غیر از انگور بدست می آید .
  - ( ۳ ) سرکه انگور : از آب انگور تخمیر شده بدست می آید .
  - ( ۴ ) سرکه مالت : از مالت جو بدست می آید .
  - ( ۵ ) سرکه قند ، گلوکز و میوه های خشک : سرکه بدست آمده از ملاس ، سرکه قند و سرکه بدست آمده از شربت گلوکز ، سرکه گلوکز نامیده می شود .
- توجه : نام دیگر سرکه تقطیری ، سرکه سفید یا سرکه grain است . اتیل استات موجود در سرکه تقطیری ترکیب مضر نیست و هنگام تخمیر نیز تولید می شود . در آمریکا، عبارت تقطیر شده مربوط به الکل است اما در انگلستان عبارت تقطیر شده مربوط به نوعی سرکه تقطیر شده مالت است .
- سرکه های مخصوص - نوعی فرآورده های سرکه ای است که برای کاربرد غذایی خاص فرموله یا طعم دار می شود . مانند :
- الف ) سرکه گیاهی ( Herbal ) : با افزودن گیاهان معطر ، ادویه یا سایر چاشنی ها به سرکه تقطیر شده تولید می شود .  
مهمترین طعم دهنده های سرکه گیاهی : سیر ، ریحان ، ترخون ، دارچین ، میخک و جوز بویا است .



# مجموعه مهندسی و ساخت ماشین آلات صنعتی قائم

تولید کننده ماشین آلات صنایع غذایی ، شیمیائی و تجهیزات وابسته

ب) سرکه میوه ای : با افزودن میوه یا آب میوه به سرکه سفید بدست می آید . مانند سرکه تمشکی شیرین شده که دارای طعم ترش و شیرین مطبوعی است .

ج) سرکه Balsamic : نوعی سرکه سنتی است که منشا آن Modena ایتالیا است . این سرکه از انگورهای شیرین Trebbiano که در Modena کشت می شود بدست می آید . این این روش ، انگور دیر برداشت می شود و سرکه از عصاره یا Must انگور پخته شده بدست می آید . سپس یک فرایند تخمیر کند و طولانی انجام و عصاره بطور پی در پی در مجموعه ای از بشکه های ساخته شده از چوب های مختلف و بدون افزودن طعم دهنده یا ادویه تغلیظ و رسانده می شود . سرکه بدست آمده قهوه ای تیره است و طعم خاصی دارد .

د) سایر سرکه های مخصوص مانند سرکه آناناس ، سرکه نیشکر ، سرکه قرمز تمشک و سرکه خرما

### ۳) مشخصه های فنی سرکه :

مقدار اسید استیک در سرکه : مقدار اسید استیک بر اساس grain ( گرین ) بیان می شود . برای بدست آوردن گرین سرکه می توان درصد اسید استیک آن را در ۱۰ ضرب کرد . سرکه با گرین ۸۰ ، حاوی ۸٪ اسید استیک است .

به عنوان مثال : سرکه با گرین یک - سرکه ای است که حاوی ۱/۰ گرم اسید استیک در ۱۰۰ میلی لیتر سرکه می باشد .

### ۴) باکتری های تخمیر کننده :

در تخمیر طبیعی ، باکتری های تبدیل کننده الکل به سرکه ، در سطح لیکور الکلی تشکیل فیلم می دهند . در گذشته ( تا قبل از کشف باکتری های تخمیر کننده ) این فیلم " مادر سرکه " نامیده می شد .

در سال ۱۸۲۲، این باکتری ها ( Mycoderma ) یعنی فیلم ویسکوز نامیده شدند و بعد ها به نام های M. vini ( در سرکه شراب ) و M. aceti ( در سرکه آبجو ) نامگذاری شدند .

در سال ۱۹۰۰، این باکتری ها استوباکتر نامیده شد . اگرچه این باکتری ها مسوول تولید سرکه است اما از سوش های خالص برای تولید سرکه استفاده نمی شود ؛ مگر در کشت غوطه وری چون جداسازی و نگهداری این باکتری ها بسیار سخت است . تنها گونه ای که در تولید سرکه مفید نیست *Acetobacter xylinum* است . این باکتری تولید اسلایم می کند و ممکن است باعث مسدود شدن فرماتور شود . اخیرا گونه جدیدی به نام *Acetobacter europaeus* معرفی شده است که قادر به تحمل ۴ تا ۸٪ اسید استیک بوده و برای رشد و نمو نیاز مطلق به اسید استیک دارد .

### باکتری های اسید استیک :

شامل استوباکتر و گلوکونوباکتر می باشد . مهمترین باکتری های تولید کننده اسید استیک شامل :

- A. aceti
- A. hansenii
- A. pasteurianum
- A. europaeus
- A. rancens
- A. xylinum
- G. oxydans

باکتری های اسید استیک : به دو گروه تقسیم می شود :



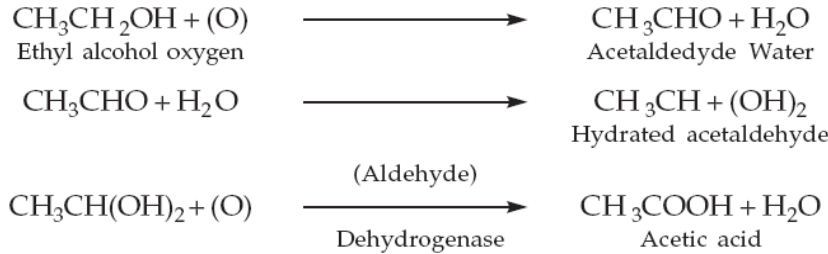
# مجموعه مهندسی و ساخت ماشین آلات صنعتی قائم

تولید کننده ماشین آلات صنایع غذایی ، شیمیائی و تجهیزات وابسته

۱) گروه peroxidans با overoxidans که شامل : A. aceti و A. pasteurianum است و می توانند اسید استیک را به دی اکسید کربن و آب متابولیزه کند .

۲) گروه suboxydans که شامل گونه های گلوکونوباکتر است و نمی توانند اسید الکل را اور اکسیدایز کند . اینها الکل را بطور ناقص اکسید و تبدیل به اسید استیک ( سرکه ) می کند .

از میان باکتری های فوق : مهمترین باکتری های تولید کننده سرکه : A. Aceti ، A. hansenii و A. pasteurianum است .



بر اساس واکنش های انجام شده ، از هر مول اتانول ، یک مول اسید استیک و یک مول آب تولید می شود .

بطور تئوری ، هر یک گرم الکل ، ۳۰۴/۱ گرم اسید استیک تولید می کند . اما این حالت به ندرت اتفاق می افتد و در شرایط نادر بازده ۱/۱ بدست می آید .

معمولاً از یک لیتر اتانول ۱۲٪ - یک لیتر سرکه ۱۲/۴٪ بدست می آید .

ویژگی های گونه های مناسب باکتری :

- قادر به تحمل غلظت بالای اسید استیک باشد .
- به مواد مغذی کمی نیاز داشته باشد .
- اسید استیک تولید شده را بیش اکسید نکند .
- بازده تولید اسید استیک بالا داشته باشد .

**۵) تولید سرکه :**

به سه روش می توان سرکه تولید نمود :

- روش Orleans یا کند
- روش نشتی (Trickling) یا تند
- تخمیر غوطه وری

۱) روش Orleans یا کند :

در قدیمی ترین روش تولید سرکه ، شراب در وت های ( بشکه ) باز ریخته می شد و باکتری های اسید استیک از هوا وارد لیکور شده و

# مجموعه مهندسی و ساخت ماشین آلات صنعتی قائم

## تولید کننده ماشین آلات صنایع غذایی ، شیمیائی و تجهیزات وابسته

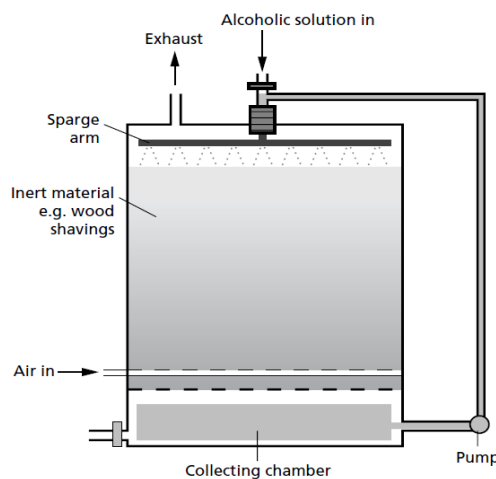
باعث تبدیل شراب به سرکه می شد . بعدها ، شراب در بشکه ها ریخته می شد و در فضای باز قرار داده می شد و برای شروع تخمیر کمی از سرکه قبلی به آن اضافه می شد . افزودن سرکه باعث پائین آمدن pH و جلوگیری از رشد میکروب های نامطلوب می شود همچنین تامین کننده باکتری های اسید استیک ( به عنوان مایه اولیه ) است . بشکه ها به اندازه دو سوم حجمشان پر می شدند تا هوای کافی برای تخمیر موجود باشد . لایه ضخیمی از باکتری ها در سطح مایع تشکیل می شد و طی ۵ هفته آن را تبدیل به سرکه می کرد . هر هفته ۱۰ تا ۲۰٪ سرکه از ته بشکه ها برداشت می شد و با شراب جدید جایگزین می شد . معمولاً بدلیل ضخیم شدن فیلم و گاهی بخاطر تکان خوردن بشکه ها ، فیلم در بشکه ها غرق می شد . در این وضعیت چون باکتری های اسید استیک هوای اند باید فرآیند متوقف و از نو شروع می شد . با پیشنهاد لوئی پاستور (۱۸۶۸) قطعات الوار چوبی (شناور) در بشکه ها قرار داده شد و به این ترتیب باکتری ها روی چوب چسبیده و همواره در سطح می ماند . بعدها به ویژه در منطقه Orleans فرانسه به منظور تسریع فرایند تخمیر، بشکه ها در اتاق های گرم یا انبارهای زیر زمینی قرار داده و به همین دلیل این روش به نام روش Orleans نامیده می شود .

معایب روش Orleans :

- زمان تولید محصول در این روش طولانی است و به همین خاطر به آن روش کند گفته می شود .
- بازده آن نسبت به روش های دیگر کم است .
- بازده این روش ۷۵ تا ۸۵٪ بازده تئوری است .
- دیگر اینکه مادر سرکه به تدریج در بشکه ها انباشته شده و فرآیند را مختل می کند .
- سرکه بدست آمده کیفیت خوبی دارد . ولی بدلیل معایب ذکر شده امروزه از این روش بسیار کم استفاده می شود .

### ۲) روش ژنراتور نشتی یا تند :

ژنراتور نشتی مدرن : تانکی است که معمولاً از جنس چوب سرو یا استنلس استیل ساخته شده و شامل دو بخش است : بخش پرشده از خرده چوب و بخش جمع آوری که حجم آن یک پنجم حجم کل است و سرکه در آن جمع می شود .





# مجموعه مهندسی و ساخت ماشین آلات صنعتی قائم

## تولید کننده ماشین آلات صنایع غذایی ، شیمیائی و تجهیزات وابسته

روش کار ژنراتور سرکه : الکل از بالای تانک روی خرده چوب ها پاشیده می شود و پس از نشست از بستر خرده چوب در بخش جمع آوری تجمع می یابد . استفاده از خرده چوب سطح زیادی را برای چسبیدن باکتری ها روی آنها ایجاد می کند . مخلوط اسید و سرکه به وسیله یک پمپ سیرکوله و پس از عبور از یک تبادلگر حرارتی دوباره روی بستر چوبی پاشیده می شود . هوا از زیر بستر چوبی تزریق شده و به سمت بالا حرکت می کند . در تبادلگر حرارتی از آب خنک شده در برج خنک کننده برای تنظیم دما بین ۲۹ تا ۳۵ استفاده می کند . نکته : اگر سرعت جریان هوا زیاد باشد ، مقدار زیادی الکل و سرکه تبخیر شده و همراه هوا خارج می شود . مقدار اتانول در هیچ شرایطی نباید کمتر از سه تا پنج درصد باشد . در غیر اینصورت باکتری ها می میرند .

روش ژنراتور نشتی که به سیرکولاسیون مجهز باشد ، کارآیی بالایی ( ۹۱ تا ۹۲٪ ) دارد و قادر به تولید ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ لیتر سرکه با گرین ۱۰۰ در هر ۲۴ ساعت است . اگرچه خرده چوب ها ممکن است به مرور زمان نرم شود ، اما در صورت نگهداری مناسب دستگاه ، می توان ۲۰ تا ۳۰ سال از آن استفاده کرد .

در صورت تولید سرکه تقطیری که از اتانول تقطیر شده یا سنتزی تولید می شود ، مقدار کمی قندهای ساده ، نمک های معدنی و گاهی عصاره مخمر افزوده می شود . در صورت استفاده از الکل سفید ، استوباکتر زاپلینوم کمتر رشد کرده و تولید اسلایم کمتر می شود . بنابراین ژنراتور دیرتر بلوکه می شود و عمر آن بیشتر خواهد بود . اسیدپته سرکه بدست آمده ۱۲٪ است و اگر اسیدپته بیشتر شود ، تولید کم می شود . برای تنظیم درصد اسید سرکه ، جریان الکل ورودی تنظیم می شود ، به طوری که غلظت الکل باقیمانده بیشتر از پنج درصد نشود .

### ۳) روش غوطه وری :

در این روش به هوادهی بسیار بالا نیاز است و تعداد باکتری های رشد کرده در محیط بسیار بالا است .

اگر هوادهی قطع شود ، بدلیل اسیدپته بالای محیط ، طی ۳۰ الی ۴۰ ثانیه باکتری ها می میرند . از سوی دیگر بدلیل تولید گرمای بسیار زیاد ( حدود سی هزار کالری به ازای هر گالن اتانول ) - ( هر گالن آمریکا معادل ۳/۷۸ لیتر می باشد ) ، طی فرآیند از یک سیستم سرمایشی مناسب باید استفاده شود .

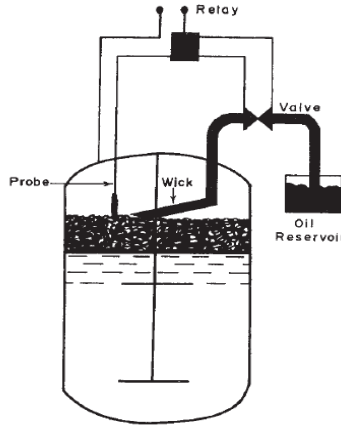
تعداد اولیه سلول ها  $10^8 \times 5/1$  در ml است و پس از یک سیکل تخمیر به  $10^8 \times 25/2$  در ml می رسد . بدلیل تعداد زیاد سلول های رشد کرده طی تخمیر ، همه سرکه های بدست آمده از روش غوطه وری کدر بوده و باید فیلتر شود .

### الف- راکتور Frings

در سال ۱۹۵۳ میلادی برای اولین بار توسط هاینریش فرینگز آلمانی راکتور هوایی آبی برای اسید اسپتیک تخمیری به نام استاتور معرفی شد و بیشتر سرکه دنیا با استفاده از این راکتور تولید می شود . این راکتور شامل یک تانک استیل مجهز به کویل داخلی ، یک آژیتاتور سرعت بالا ( ایرتور ) که در ته مخزن وصل شده است می باشد . این فرماتور نیاز به هوای فشرده کمپرسور ندارد و طراحی آن بگونه ای است که هوا به درون آن کشیده می شود . هوا از بالا به درون راکتور مکیده و بوسیله آژیتاتور در لیکور پخش می شود . در تانک فعال ، دما معمولاً ۳۰ درجه سانتیگراد است اگرچه برخی سوش ها دماهای بالاتر را نیز تحمل می کنند . در این دستگاه کف ایجاد شده بوسیله یک کف شکن اتوماتیک شکسته می شود .

# مجموعه مهندسی و ساخت ماشین آلات صنعتی قائم

تولید کننده ماشین آلات صنایع غذایی ، شیمیائی و تجهیزات وابسته



فرآیند تولید در این دستگاه ، به شکل بچ انجام می شود و زمان چرخه تولید سرکه ۱۰/۶۵ درصد حدود ۳۵ ساعت است . غلظت اسید استیک در خوراک اولیه فرماتور ۷ تا ۱۰٪ و غلظت الکل ۵٪ است . ( نکته : غلظت بالاتر الکل ، اثر بازدارنده دارد ) با استفاده از یک الکل گراف غلظت الکل بطور پیوسته چک شده و هر وقت غلظت الکل به کمتر از ۲/۰٪ برسد ، حدود یک سوم محصول ( یک سوم حجم تانک ) برداشت می شود و دوباره خوراک تازه به آن افزوده می شود . ژنراتورهای جدیدتر فرینگز به شکل نیمه پیوسته نیز قادر به فعالیتند . در این سیستم ، الکل گراف غلظت الکل را بطور اتوماتیک اندازه گیری کرده و در صورت مناسب بودن غلظت ، شیر تخلیه سرکه بطور اتوماتیک باز می شود . پس از تخلیه سرکه به مقدار مناسب ، شیر ورود خوراک باز می شود . دمای فرماتور نیز با استفاده از کویل استیل ، ثابت نگه داشته می شود . یک سیکل تولید در این ژنراتورهای جدید ۲۴ تا ۴۸ ساعت می باشد .

مزایا و معایب ژنراتور Fringe ( استاتور )

مزایای استاتور :

- کارایی آن بیشتر ( گاهی ۱۰ برابر ) از ژنراتور نشتی است .
- کیفیت سرکه تولید شده یکنواخت و ثابت است .
- در مقایسه با روش نشتی فضای کمتری ( حدود یک ششم ) نیاز دارد .
- تولید انواع سرکه و تغییر از یک نوع به نوع دیگر سرکه آسان تر و ارزان تر است .
- پیوسته سازی و اتوماسیون استاتور راحت تر از ژنراتور نشتی است .

معایب استاتور :

- در صورت قطع برق ، باکتری ها خیلی سریع مرده و فرآیند کاملاً متوقف می شود .
- نرخ مصرف انرژی آن بیشتر روش نشتی است . ( با این حال برخی معتقدند مصرف انرژی کل آن به ازای هر گالن اسید استیک



# مجموعه مهندسی و ساخت ماشین آلات صنعتی قائم

تولید کننده ماشین آلات صنایع غذایی ، شیمیائی و تجهیزات وابسته

تولید شده کمتر است . )

## ب - کاویتاتور :

این دستگاه در ابتدا برای تصفیه فاضلاب طراحی شده بود ، اما بعد برای سرکه هم استفاده شد . کاویتاتور از بسیاری جهات شبیه استاتور است با این تفاوت که همزن آن از بالا وصل شده است . کاویتاتور به شکل پیوسته کار می کند و برای تولید سایدر یا سرکه های با گرین پائین استفاده می شود . کاویتاتور برای تولید سرکه با گرین بالا کاربرد ندارد . نمونه هایی از این فرماتورها در امریکا و ژاپن هنوز وجود دارد .

## ج - فرماتور برنجی :

در انگلستان برای تولید آبجو ، سرکه و اسید سیتریک ساخته شده است . قطر فرماتور برنجی ۲ فوت ، طول آن ۲۰ فوت است و یک محفظه انبساط به قطر ۸ فوت و طول ۶ فوت دارد . هوادهی از طریق یک صفحه مشبک انجام می شود . این فرماتور قادر به تولید یک میلیون گالن سرکه ۵٪ در سال است . معمولاً یک ماه طول می کشد تا استوباکتر با این فرماتور سازگار شود . این دستگاه می تواند به شکل بیج، نیمه پیوسته یا پیوسته کار کند .

## ۶) فرآیند نهایی سرکه سازی پس از تخمیر :

- رقیق سازی : سرکه تولید شده دارای درصد بالاتری است و باید رقیق شود .
- شفاف سازی : پس از تخمیر ، با افزودن خاک دیاتومه یا بنتونیت ، جسد باکتری ها ته نشین شده و سپس از طریق فیلتراسیون ، جسد سلول ها و سایر مواد معلق از سرکه جدا می شود .
- رنگبری : در صورت نیاز به رنگبری از فروسیانید پتاسیم استفاده می شود.
- پاستوریزاسیون : ایجاد در دمای ۶۰ تا ۶۵ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه یا ۷۵ تا ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ تا ۴۰ ثانیه انجام می شود .
- تغلیظ : در صورت نیاز به تغلیظ ( در موارد خاص ) از طریق انجماد تغلیظ می شود .
- ادتیو دی اکسید گوگرد : قبل از بسته بندی با پیشنهاد و تایید مسوول فنی ۵۰ تا ۱۰۰۰ پی پی ام دی اکسید گوگرد ( ممانعت از رشد میکروب های نامناسب ) افزوده شود .
- ادتیو اسید سولفورو : اسید سولفورو اثر بیشتری روی باکتری ها و کپک ها دارد و اثرش روی مخمرها کمتر است . افزودن آن به فرآورده های تخمیری از رشد میکروب های نامناسب جلوگیری می کند .