

مؤسسه علمی آزاد



گروه مهندسی شیمی
پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی

پیشنهاد احداث واحد چند منظوره تولید مواد شیمیایی

نگارش: مونا حاتمی
استاد راهنما: دکتر کوروش همتی محمودی

بهار ۱۴۰۰

صفحه تقدیم و تشکر

حضور بنده در موسسه علمی به عنوان یکی از بهترین تجارب زندگی در خاطر من ماندگار است. از تاثیر گذارترین جمله هایی که از جناب دکتر همتی در ترم های اول تحصیلی شنیدم و تمام این مدت با من همراه بوده این بوده که "جوری درس بخوانید که لایق باشید اسم دانشجوی علمی را با خود یدک بکشید".

لازم است در ابتدا از بهترین و بزرگترین مشوق زندگی ام یعنی مادرم تشکر کنم که از ابتدا ورود به موسسه و ورود به رشته تا حال در کنارم بوده است و در تمام این مدت بنده را حمایت کرده است. ذکر این نکته نیز خالی از لطف نیست که بدون وجود ایشان، حضور بنده در موسسه میسر نبوده است. سپس از استاد راهنما بسیار عزیز تحصیلی ام جناب آقای ایقانی که در طول این مدت بنده را همراهی کردند نهایت تشکر را داشته باشم. همچنین از زحمات، همراهی و حمایت همیشگی تک تک اعضای دپارتمان بی نهایت سپاسگزارم که در این مدت با رهنمود های دلسوزانه در تهیه این تحقیق بنده را مورد لطف قرار دادند.

از جناب آقای دکتر همتی به عنوان استاد راهنما پایان نامه که در تهیه این پروژه بنده را با محبت خالصانه و صبوری همراهی کردند بی نهایت سپاسگزارم. ضمن اینکه موفقیت بنده در این تحقیق با زحمات و اعتماد ایشان به وقوع پیوست. بار دیگر از تمامی اساتید محترم و شایسته ام که برای ارتقا سواد علمی تمامی ما دانشجویان مسیر پر چالشی را میگذرانند و زحمات بسیار می کشند سپاسگزارم. امید آنکه این تحقیق مورد قبول واقع شود.

چکیده :

سالانه نزدیک به نه میلیون و هفتصد و سی و شش هزار تن با ارزشی معادل چهارده میلیارد و پانزده میلیون دلار مواد شیمیایی به کشور وارد میشوند. هدف این رساله بررسی آمار واردات و پیشنهاد احداث یک واحد چندمنظوره یا پارک شیمیایی برای تولید همزمان و درهم‌تنیده چند محصول منتخب بر اساس نیاز وارداتی است. به همین منظور آمار ۱۰ ساله واردات مواد شیمیایی مرور شده و ۲۰ ماده که از دید وزن یا ارزش دلاری در صدر قرار دارند معرفی شدند سپس از بین این مواد و با در نظر گرفتن میزان واردات و رشد هرساله، محصولات گلیسرین، استتاریک اسید، پالمیتیک اسید، پروپیلن گلیکول و اکریلیک اسید به عنوان مواد شیمیایی منتخب برای تحلیلهای بعدی معرفی شدند. سپس به مرور فرآیندهای تولید این مواد پرداخته است. فرآیندهای هیدرولیز و تبادل استری برای تولید گلیسرین، آب زدایی گلیسرین و اکسیداسیون پروپیلن برای تولید اکریلیک اسید و واکنش تبدیل گلیسرین به پروپیلن گلیکول و فرایند تبدیل اکسید پروپیلن به پروپیلن گلیکول برای تولید پروپیلن گلیکول مرور شده اند. در ادامه چارچوب کلی دو پارک شیمیایی بر اساس پروپیلن و چربی (Tallow) معرفی شده اند. ماده شیمیایی پلیمر سوپر جاذب اگرچه جز ۱۰ ماده اول از دید قیمت یا وزن نیست، اما چون یکی از محصولات اکریلیک اسید است، در طراحی پارک لحاظ شده است. همچنین معیار سود دهی "حاشیه سود" نیز برای تحلیل اقتصادی مقدماتی معرفی شده است. حاشیه سود پارک شیمیایی پروپیلن ۲۴,۳۷٪ و پارک شیمیایی چربی ۵۷٪ محاسبه شده که در هر دو مورد نشان از سودهی مقبول این فرآیندها است. در نهایت به بیان نتیجه نهایی پرداخته شد.

"فهرست مطالب"

فصل اول، مقدمه.....	۱
۱-۱: بیان موضوع:.....	۱
۱-۲: تاریخچه و زمینه تحقیق:.....	۱
۱-۳: روش انجام تحقیق:.....	۱
فصل دوم، آمار واردات مواد شیمیایی به ایران.....	۳
۲-۱: کد گمرکی مواد شیمیایی، کد HS یا Harmonysed system.....	۳
۲-۲: اطلاعات مواد شیمیایی وارداتی از گمرک ایران.....	۳
۲-۳: تحلیل آمار واردات مواد شیمیایی.....	۱۲
۲-۳-۱: آمار ۱۰ ساله واردات بنزن.....	۱۳
۲-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات فسفات دی آمونیاک.....	۱۳
۲-۳-۳: آمار ۱۰ ساله واردات اسید پالمتیک، اسیداستئاریک و املاح واسترهای آن ها غیر از استئاراتهای فلزی.....	۱۳
۲-۳-۴: آمار ۱۰ ساله واردات هیدروکربورهای غیر حلقوی اشباع شده.....	۱۴
۲-۳-۵: آمار ۱۰ ساله واردات گلیسرین.....	۱۵
۲-۳-۶: آمار ۱۰ ساله واردات استرهای اسید اکریلیک.....	۱۵
۲-۳-۷: آمار ۱۰ ساله واردات پروپیلن گلیکول.....	۱۶
۲-۳-۸: آمار ۱۰ ساله واردات تری فسفات سدیم.....	۱۷
۲-۳-۹: آمار ۱۰ ساله واردات اسید استئاریک.....	۱۷
۲-۳-۱۰: آمار ۱۰ ساله واردات مونو کلسیم فسفات.....	۱۷
۲-۳-۱۱: آمار ۱۰ ساله واردات " سایر هیدروکربورهای حلقوی غیر از سیکلانیها، سیکلنرها یا سیکلوترنیک ها، بنزن، تولوئن، اکسلین ها، استیرن، اتیل بنزن، کومن ".....	۱۸
۲-۳-۱۲: آمار ۱۰ ساله واردات والپروات سدیم.....	۱۹
۲-۳-۱۳: آمار ۱۰ ساله واردات سیلسیم دی اکسید.....	۱۹
۲-۳-۱۴: آمار ۱۰ ساله واردات کولین کلراید.....	۱۹
۲-۳-۱۵: آمار ۱۰ ساله واردات اسید ستریک.....	۲۰
۲-۳-۱۶: آمار ۱۰ ساله واردات کربنات ها، پراکسو کربنات ها و کربنات امونیوم.....	۲۰
۲-۳-۱۷: آمار ۱۰ ساله واردات مشتقات فلوئورینه و برومینه.....	۲۱
۲-۳-۱۸: آمار ۱۰ ساله واردات اسید ترفتالیک و املاح آن.....	۲۲
۲-۳-۱۹: آمار ۱۰ ساله واردات کربنات دی سدیم.....	۲۲
۲-۳-۲۰: آمار ۱۰ ساله واردات اسید های مونو کربوکسیلیک غیر حلقوی.....	۲۲
۲-۴: انتخاب مواد شیمیایی برای تحلیل فنی و اقتصادی.....	۲۳
فصل سوم، روش تولید مواد شیمیایی.....	۲۶
۳-۱: گلیسرین.....	۲۶
۳-۱-۱: خواص فیزیکی و شیمیایی.....	۲۶
۳-۱-۲: بررسی اجمالی تکنولوژی و روش های تولید گلیسرین.....	۲۶
۳-۱-۳: تولید گلیسرین بوسیله تبادل استری بین روغن و چربی و الکل در حضور کاتالیست جامد.....	۲۶
۳-۱-۴: تولید گلیسرین به وسیله هیدرولیز چربی(Tallow).....	۲۸
۳-۱-۵: روش تولید گلیسرین از طریق پروپیلن.....	۳۰
۳-۱-۶: کاربرد گلیسرین:.....	۳۳
۳-۱-۷: بازار جهانی و داخلی گلیسرین:.....	۳۴
۳-۲: پروپیلن گلایکول:.....	۳۵
۳-۲-۱: خواص فیزیکی و شیمیایی:.....	۳۵
۳-۲-۲: بررسی اجمالی تکنولوژی و روش های تولید پروپیلن گلیکول:.....	۳۵

۳۹	۳-۲-۳: روش تولید پروپیلن گلاکول توسط گلیسرین
۴۱	۳-۲-۴: روش تولید پروپیلن گلیکول از اکسید پروپیلن و آب با استفاده از کاتالیست اسیدی
۴۲	۳-۲-۵: کاربرد پروپیلن گلیکول
۴۳	۳-۲-۶: بازار جهانی و داخلی پروپیلن گلیکول
۴۴	۳-۳: استئاریک و پالمیتیک اسید
۴۴	۳-۳-۱: خواص فیزیکی و شیمیایی استئاریک اسید و پالمیتیک اسید
۴۵	۳-۳-۲: بررسی اجمالی تکنولوژی و روش های تولید استئاریک اسید
۴۵	۳-۳-۳: روش تولید استئاریک اسید از منابع گیاهی و حیوانی
۴۸	۳-۳-۴: تولید اسید چرب و گلیسرین به وسیله هیدرولیز روغن یا چربی
۵۰	۳-۳-۵: تولید گلیسرین و اسید چرب به وسیله هیدرولیز (روش مورد استفاده در واحد تولیدی ایران)
۵۰	۳-۳-۶: کاربرد استئاریک اسید
۵۱	۳-۳-۷: کاربرد پالمیتیک اسید
۵۱	۳-۳-۸: بازار جهانی و داخلی استئاریک و پالمیتیک اسید
۵۲	۳-۴: اکریلیک اسید
۵۳	۳-۴-۱: خواص فیزیکی و شیمیایی اکریلیک اسید
۵۳	۳-۴-۲: روش تولید اکریلیک اسید به وسیله اکسیداسیون پروپیلن
۵۷	۳-۴-۳: تولید اکریلیک اسید از گلیسرین
۵۸	۳-۴-۴: کاربرد اکریلیک اسید
۵۸	۳-۴-۵: بازار خارجی و داخلی اکریلیک اسید
۵۹	۳-۴-۶: انتخاب روش های تولیدی مواد
۶۰	فصل چهارم، طراحی دو پارک شیمیایی برای تولید همزمان محصولات منتخب
۶۰	۴-۱: مطالعه عرضه و تقاضا
۶۰	۴-۲: آمار وزنی و قیمتی مواد مورد استفاده در واحد چند منظوره
۶۱	۴-۳: شرایط واردات و صادرات
۶۱	۴-۴: برنامه های تولید
۶۲	۴-۵: پارک شیمیایی
۶۲	۴-۵-۱: تعریف پارک شیمیایی
۶۲	۴-۵-۲: مزایای احداث پارک های شیمیایی
۶۲	۴-۵-۳: بررسی مدل های پیشرفته پارک های شیمیایی در جهان
۶۳	۴-۵-۴: مراحل احداث پارک شیمیایی
۶۶	۴-۵-۵: واحد چند منظوره اول
۶۹	۴-۵-۶: واحد چند منظوره دوم
۷۲	۴-۶: مارجین و محاسبه حاشیه سود
۷۳	۴-۶-۱: نحوه محاسبه حاشیه سود برای پروژه مورد نظر
۷۶	فصل پنجم، بحث، نتیجه گیری و پیشنهادات
۷۶	۵-۱: نتیجه گیری و جمع بندی
۷۷	۵-۲: پیشنهادات
۷۸	فصل ششم، ضمایم
۷۸	ضمیمه ۱: شبیه سازی واحد اکریلیک اسید
۸۰	ضمیمه ۲: داده های تکمیلی اکسل برای محاسبات سود دهی واحد های چند منظوره
۸۳	منابع و مراجع

فهرست شکلها

- شکل ۲-۱: نمودار رشد وزنی و قیمتی بنزن در ۱۰ سال گذشته ۱۳
- شکل ۲-۲: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) بنزن در ۱۰ سال گذشته ۱۳
- شکل ۲-۳: نمودار رشد وزنی و قیمتی اسید پالمیتیک، سیداستاریک و املاح و استرهاى آن ها غیر از استئاراتهای فلزی ۱۴
- شکل ۲-۴: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "اسید پالمیتیک، سیداستاریک و املاح و استرهاى آن ها غیر از استئاراتهای فلزی" در ۱۰ سال گذشته ۱۴
- شکل ۲-۵: نمودار رشد وزنی و قیمتی "هیدروکربورهای غیر حلقوی اشباع شده" در ۱۰ سال گذشته ۱۴
- شکل ۲-۶: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "هیدروکربورهای غیر حلقوی اشباع شده" طی ۱۰ سال گذشته ۱۵
- شکل ۲-۷: نمودار رشد وزنی و قیمتی گلیسرین در ۱۰ سال گذشته ۱۵
- شکل ۲-۸: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "گلیسرین" در ۱۰ سال گذشته ۱۵
- شکل ۲-۹: نمودار رشد وزنی و قیمتی "استرهاى اسید اکریلیک" در ۱۰ سال گذشته ۱۶
- شکل ۲-۱۰: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "استرهاى اسید اکریلیک" در ۱۰ سال گذشته ۱۶
- شکل ۲-۱۱: نمودار رشد وزنی و قیمتی "پروپیلن گلیکول" در ۱۰ سال گذشته ۱۶
- شکل ۲-۱۲: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "پروپیلن گلیکول" در ۱۰ سال گذشته ۱۷
- شکل ۲-۱۳: نمودار رشد وزنی و قیمتی "تری فسفات سدیم" در ۱۰ سال گذشته ۱۷
- شکل ۲-۱۴: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "تری فسفات سدیم" در ۱۰ سال گذشته ۱۷
- شکل ۲-۱۵: نمودار رشد وزنی و قیمتی "مونو کلسیم فسفات" در ۱۰ سال گذشته ۱۸
- شکل ۲-۱۶: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "مونو کلسیم فسفات" در ۱۰ سال گذشته ۱۸
- شکل ۲-۱۷: نمودار رشد وزنی و قیمتی "سایر هیدروکربورهای حلقوی" در ۱۰ سال گذشته ۱۸
- شکل ۲-۱۸: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "سایر هیدروکربورهای حلقوی" در ۱۰ سال گذشته ۱۹
- شکل ۲-۱۹: نمودار رشد وزنی و قیمتی "سیلسیم دی اکسید" در ۱۰ سال گذشته ۱۹
- شکل ۲-۲۰: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "دی اکسید سیلسیم" در ۱۰ سال گذشته ۱۹
- شکل ۲-۲۱: نمودار رشد وزنی و قیمتی "سیتریک اسید" در ۱۰ سال گذشته ۲۰
- شکل ۲-۲۲: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "سیتریک اسید" در ۱۰ سال گذشته ۲۰
- شکل ۲-۲۳: نمودار رشد وزنی و قیمتی "کربنات ها، پراکسو کربنات ها، کربنات آمونیوم" در ۱۰ سال گذشته ۲۱
- شکل ۲-۲۴: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "کربنات ها، پراکسو کربنات و کربنات آمونیوم" در ۱۰ سال گذشته ۲۱
- شکل ۲-۲۵: نمودار رشد وزنی و قیمتی مشتقات فلوئورینه و برومین در ۱۰ سال گذشته ۲۱
- شکل ۲-۲۶: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) مشتقات برومین و فلوئورینه در ۱۰ سال گذشته ۲۲
- شکل ۲-۲۷: نمودار رشد وزنی و قیمتی "اسیدهای مونو کربوکسیلیک غیر حلقوی" در ۱۰ سال گذشته ۲۲
- شکل ۲-۲۸: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) اسیدهای مونو کربوکسیلیک غیر حلقوی در ۱۰ سال گذشته ۲۲
- شکل ۳-۲۹: تولید گلیسرین از واکنش چربی و متانول ۲۸
- شکل ۳-۳۰: تولید گلیسرین در راکتور حرارتی ۳۰
- شکل ۳-۳۱: راکتور تولید گلیسرین از چربی ۳۰
- شکل ۳-۳۲: کلرینه شدن پروپیلن ۳۱
- شکل ۳-۳۳: واکنش تولید گلیسرین و استرهاى چربی از تری گلیسرید در حضور کاتالیست ۳۱
- شکل ۳-۳۴: فلوچارت فرایند تولید گلیسرین، اسیدچرب یا بیودیزل از روغن گیاهی و متانول در حضور کاتالیست ۳۲
- شکل ۳-۳۵: نمودار بلوکی واکنش استریفیکاسیون تری گلیسرید با کاتالیزورهای ناهمگن ۳۲
- شکل ۳-۳۶: واکنش تبدیل گلیسرین به پروپیلن گلیکول ۳۶
- شکل ۳-۳۷: ستر پروپیلن اکساید به روش تجاری ۳۸

- شکل ۳۸-۳: تاثیر روش های تهیه کاتالیست بر تبدیل گلیسرین و انتخاب پروپیلن گلایکول..... ۳۹
- شکل ۳۹-۳: فرایند تولید پروپیلن گلایکول از گلیسرین ۴۰
- شکل ۴۰-۳: تولید استتاریک اسید از منبع گیاهی ۴۶
- شکل ۴۱-۳: تولید استتاریک اسید از منبع حیوانی..... ۴۶
- شکل ۴۲-۳: دیاگرام فرایند تولید گلیسرین به روش هیدرولیز چربی ۵۰
- شکل ۴۳-۳: ساختار شیمیایی و عملکرد کاتالیست های تجاری در تولید اکریلیک اسید از پروپیلن ۵۵
- شکل ۴۴-۳: کاتالیست های تجاری فرایند اکسایش دو مرحله ای تبدیل پروپیلن به اکریلیک اسید ۵۶
- شکل ۴۵-۳: شماتیک کلی فرایند صنعتی اکریلیک اسید از پروپیلن ۵۶
- شکل ۴۶-۳: فرایند تولید اکریلیک اسید از گلیسرین ۵۸
- شکل ۴۷-۴: واحد چند منظوره براساس ماده اولیه پروپیلن ۷۰
- شکل ۴۸-۴: واحد چند منظوره بر اساس ماده اولیه چربی ۷۲

فهرست جداول

جدول ۲-۱: آمار واردات مواد شیمیایی سال ۹۷.....	۴
جدول ۲-۲: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۹۶.....	۴
جدول ۲-۳: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۹۵.....	۶
جدول ۲-۴: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۹۴.....	۷
جدول ۲-۵: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۹۳.....	۷
جدول ۲-۶: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۹۲.....	۸
جدول ۲-۷: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۹۱.....	۹
جدول ۲-۸: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۹۰.....	۱۰
جدول ۲-۹: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۸۹.....	۱۰
جدول ۲-۱۰: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۸۸.....	۱۱
جدول ۲-۱۱: مواد انتخابی به لحاظ رتبه ارزشی در سال ۹۷.....	۲۳
جدول ۲-۱۲: مواد انتخابی به لحاظ رتبه ارزشی در سال ۹۷.....	۲۳
جدول ۲-۱۳: انتخاب پنج ماده وارداتی براساس نمودارهای واردات شیمیایی.....	۲۳
جدول ۲-۱۴: آمار مواد شیمیایی انتخابی.....	۲۳
جدول ۲-۱۵: مقایسه مواد انتخابی به لحاظ آمار وزنی و قیمتی.....	۲۴
جدول ۳-۱۶: خواص شیمیایی گلیسرین.....	۲۶
جدول ۳-۱۷: درصد ترکیب انواع روغن در محصولات تولید بیودیزل و گلیسرین.....	۳۲
جدول ۳-۱۸: مزایا و معایب بیودیزل و گلیسرین توسط استری شدن روغن.....	۳۳
جدول ۳-۱۹: بازار تولیدات گلیسرین در جهان.....	۳۴
جدول ۳-۲۰: آمار وزنی صادرات گلیسرین از ایران طی سال ۹۷.....	۳۵
جدول ۳-۲۱: خواص شیمیایی پروپیلن گلایکول.....	۳۵
جدول ۳-۲۲: بازار تولیدات پروپیلن گلایکول در جهان.....	۴۳
جدول ۳-۲۳: کشورهای واردکننده پروپیلن گلایکول به ایران.....	۴۳
جدول ۳-۲۴: مقدار صادرات پروپیلن گلایکول ایران.....	۴۴
جدول ۳-۲۵: خواص شیمیایی استتاریک اسید.....	۴۴
جدول ۳-۲۶: خواص شیمیایی پالمیتیک اسید.....	۴۴
جدول ۳-۲۷: بازار تولیدات استتاریک و پالمیتیک اسید در جهان.....	۵۱
جدول ۳-۲۸: کشورهای وارد کننده استتاریک و پالمیتیک اسید به ایران.....	۵۲
جدول ۳-۲۹: صادرات استتاریک و پالمیتیک اسید از ایران.....	۵۲
جدول ۳-۳۰: خواص شیمیایی اکریلیک اسید.....	۵۳
جدول ۳-۳۱: بازار تولیدات اکریلیک اسید در جهان.....	۵۸
جدول ۳-۳۲: کشورهای واردکننده اکریلیک اسید به ایران.....	۵۹
جدول ۳-۳۳: دلیل انتخاب فرایند های مربوطه.....	۵۹
جدول ۴-۳۴: قیمت مواد مورد بررسی و کاتالیست های مورد نیاز برای هر فرایند.....	۶۰
جدول ۴-۳۵: آمار صادرات و واردات فراورده های واحد چند منظوره.....	۶۶
جدول ۴-۳۶: آمار صادرات و واردات مواد اولیه واحد چند منظوره.....	۶۶
جدول ۴-۳۷: مواد اولیه و فراورده های سنتز گلیسرین از پروپیلن یا پروپین.....	۶۷
جدول ۴-۳۸: مواد اولیه و فراورده های سنتز اکریلیک اسید از پروپیلن.....	۶۸

جدول ۳۹-۴: مواد اولیه و فراورده های سنتر سوپر جاذب از اکریلیک اسید	۶۸
جدول ۴۰-۴: مواد اولیه و فراورده های سنتر پروپیلن گلایکول از پروپیلن	۶۹
جدول ۴۱-۴: قیمت و ارزش وزنی مواد اولیه و فراورده های تولید گلیسرین از هیدرولیز چربی	۷۰
جدول ۴۲-۴: قیمت و ارزش وزنی مواد اولیه و فراورده های تولید اکریلیک اسید از گلیسرین	۷۱
جدول ۴۳-۴: قیمت و ارزش وزنی مواد اولیه و فراورده های سوپر جاذب پلیمر از اکریلیک اسید	۷۱
جدول ۴۴-۴: قیمت و ارزش وزنی مواد اولیه و فراورده های پروپیلن گلایکول از گلیسرین	۷۲
جدول ۴۵-۴: قیمت و وزن کل مواد فرایندهای پارک شیمیایی اول	۷۳
جدول ۴۶-۴: حاشیه سود پارک شیمیایی اول	۷۴
جدول ۴۷-۴: سود دهی فرایندهای پارک شیمیایی اول	۷۴
جدول ۴۸-۴: قیمت و وزن کل مواد فرایندهای پارک شیمیایی دوم	۷۴
جدول ۴۹-۴: حاشیه سود پارک شیمیایی دوم	۷۵
جدول ۵۰-۴: حاشیه سود فرایندهای پارک شیمیایی دوم	۷۵

فصل اول

مقدمه

۱-۱: بیان موضوع:

مواد شیمیایی دسته ای مواد هستند که ترکیبات شیمیایی ثابت و خصوصیات معینی دارند. مواد شیمیایی در صنایع گوناگون کاربرد دارند و نقش مهمی در تمام زندگی دارند. بر این اساس تولید مواد شیمیایی در جهان از اهمیت بسزایی برخوردار است. بنابر آمار بازار جهانی مواد شیمیایی میتوان گفت، آسیا با ۵۶٫۶ درصد تا سال ۲۰۲۰ بیشترین سهم را در بازار جهانی مواد شیمیایی دارد. (1) دیگر گزارشات معتبر بازار جهانی مواد شیمیایی از ارزش بازار مواد شیمیایی در سال ۲۰۱۴ گفته است و مقدار آن را نزدیک به حدود ۵ تریلیون دلار ثبت نموده اند. طی سال ۲۰۲۰ به دلیل قوانین حول عوارض مواد شیمیایی بر سلامت انسان و محدودیت میزان تولید مواد شیمیایی مضر، ارزش بازار تا ۳٫۹۴ تریلیون دلار کاهش یافت اما پیش بینی میشود با افزایش میزان معاملات رشد ۱٫۸ درصدی داشته باشد. (2)

کشور ایران با دارا بودن منابع عظیم هیدروکربنی و معدنی، یکی از کشورهای مورد توجه در تولید مواد شیمیایی است. متأسفانه با وجود منابع فراوان در کشور، همچنان نیاز کشور بر اساس تولید داخل برای مواد شیمیایی بسیاری برآورده نمی شود و تامین کنندگان بسیاری این نیاز را فراهم می کنند. همچنین بر اساس آمار بدست آمده از سایت معتبر **trademap**، کشور ایران در صادرات مواد شیمیایی ضعیف عمل کرده و نقطه قوت صادرات کشور در مواد شیمیایی در صنعت پتروشیمی است. از این رو وجود واحدهای تولیدی مواد شیمیایی در کشور در اولویت کار قرار دارد. هدف از این تحقیق نیز، پیشنهاد احداث واحد چند منظوره تولید مواد شیمیایی یا پارک شیمیایی است.

۱-۲: تاریخچه و زمینه تحقیق:

با بیان هدف این پروژه که پیشنهاد احداث واحد چند منظوره تولید مواد شیمیایی است به تاریخچه تحقیق پرداخته میشود. ایده منحصر بفرد و بسیار موفق پارک های شیمیایی اولین بار در اوایل دهه ۱۹۹۰ در آلمان رشد یافت. (3) واحدهای چند منظوره شیمیایی یا پارک های شیمیایی تک واحدهای تولیدی را پارک را بصورت حرفه ای مدیریت می کنند. اوپراتور های پارک های شیمیایی در تمام مراحل از شروع و ایده پردازی تا احداث و پیشنهاد به سرمایه گذاران در صنایع مختلف به متخصصین مشاوره خواهند داد و همواره خدمات گسترده ای به سرمایه گذاران می دهند. از این رو سرمایه گذاران میتوانند روی هدف اصلی که تولید محصولات شیمیایی است تمرکز کنند. آلمان با داشتن بزرگترین صنعت شیمی در اروپا توانست رتبه اول را از آن خود کند و در جهان در رتبه چهارم قرار گیرد. پارک های شیمیایی موجود در آلمان خدمات گسترده ای را به صنایع شیمیایی ارائه داده اند. (4) اگرچه سالیان زیادی از عمر جهانی احداث پارک های شیمیایی می گذرد اما هنوز در کشور اجرا نشده است. البته زیرساخت های لازم پارک های شیمیایی در حال بررسی و در مرحله فعالیت است اما همچنان به مرحله بهره برداری نرسیده است. براساس بررسی های صورت گرفته، تامین و تضمین مالی برای واحد های شیمیایی از سوی دولت یکی از مهم ترین دلایل موفقیت های پارک های شیمیایی است که در ایران بدلیل این فقدان تاکنون به موفقیت نرسیده است. پارک های شیمیایی در جهت تولید مواد مختلف میانی و نهایی، امر آموزش و تحقیقات، جهت دهی تحقیقات به سمت نیاز های صنعت شیمیایی، توجه به توسعه و مدیریت فناوری فعالیت می کنند و موارد ذکر شده از کارکردهای اصلی پارک های شیمیایی هستند.

۱-۳: روش انجام تحقیق:

همانطور که ذکر شد هدف از انجام این تحقیق، پیشنهاد احداث واحد چند منظوره تولید مواد شیمیایی است. مطالعه و در نهایت انتخاب محصولات براساس آمار واردات کشور طی ۱۰ سال گذشته صورت گرفته است. بیست ماده شیمیایی که بالاترین ارزش قیمتی و وزنی را دارا بودند انتخاب شدند. در ادامه موادی انتخاب شدند که در طول ۱۰ سال در تمام سالها وارد ایران شدند و روند رشد کلی آنها صعودی بوده است. گلیسرین، استتاریک اسید، پالمیتیک اسید، پروپیلن گلاکول و اکریلیک اسید مواد انتخابی مورد نظر برای انجام تحقیق هستند. آمار صادرات و واردات این مواد در کشور مشخص گردید. در فصل سوم به بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی مواد، کاربرد مواد و تکنولوژی ها پرداخته شده است. براساس طرح مورد نظر که پیشنهاد دو پارک شیمیایی مد نظر است. دو ماده (پروپیلن (Propylene و چربی (Tallow)) به عنوان ماده اولیه یا خوراک برای پارک های شیمیایی در نظر گرفته شدند. در ادامه برای تولید محصولات انتخابی فرایند پیشنهاد داده شد. بر این اساس، فرایندهایی که در ادامه بیان می شود فرایندهای مورد استفاده در پارک شیمیایی اول است؛ فرایند هیدرولیز (Hydrolysis) چربی برای تولید گلیسرین و اسید های چرب، فرایند واکنش هیدرولیز در فاز مایع برای تبدیل گلیسرین به پروپیلن گلاکول، تبدیل گلیسرین به اکریلیک اسید در دو راکتور کاتالستی در دو مرحله آب زدایی (Dehydration) گلیسرین و تبدیل به اکریلیک اسید توسط اکسیداسیون (Oxidation)، تبدیل اکریلیک اسید به اکریلات سدیم و پلیمریزاسیون (polymerization) برای تبدیل به سوپرجاذب پلیمر (Super Absorbent Polymer). در بخش بعد آرایش

دو پارک شیمیایی برای تولید همزمان محصولات مذکور ارائه گردید. اگرچه محصولات منتخب با توجه به آمار واردات مواد شیمیایی و ارزش آنها انتخاب شده اند اما لازم است که تولید آنها در داخل کشور دارای توجیه اقتصادی باشد. همانطور که در بخش قبل بیان شد تمرکز پارک های شیمیایی بر روی اصولی است که برای سرمایه گذار توجیه لازم را داشته باشد، بنابراین ظرفیت مواد اولیه، محصولات و سایر مواد مورد استفاده در واکنش بر اساس مقدار واردات و تحلیل واکنش ها بدست آمد و میزان سود دهی "حاشیه سود" برای هر فرایند و تولید هر ماده مشخص گردید. براساس محاسبات، دو پارک شیمیایی با میزان تولید محصولات به ترتیب پارک شیمیایی اول با ماده اولیه پروپیلن و پارک شیمیایی دوم با ماده اولیه چربی با فروش محصولات پارک اول ۱۲۵،۸۲۰،۰۰۰ دلار در سال و فروش محصولات پارک دوم ۱۷۹،۸۲۰،۰۰۰ دلار در سال، میزان سود پارک اول ۲۴،۳۷٪ و میزان سود پارک دوم ۵۷٪ است. در نهایت هر دو واحد چند منظوره برای احداث پیشنهاد داده می شود.

فصل دوم

آمار واردات مواد شیمیایی به ایران

هدف این فصل، انتخاب چند محصول شیمیایی برای انجام بررسی فنی با هدف تولید در ایران است. به این منظور آمار واردات مواد شیمیایی در ۱۰ سال اخیر (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷)، لازم به توضیح است که آمار واردات هر ماده در یک یا دو سال بعد منتشر میشود و اطلاعات این رساله در سال ۱۳۹۸ جمع آوری شده‌اند) از دید تناژ و همچنین ارزش دلاری بررسی شده و سپس با تحلیل آمار استخراج شده، و ۵ ماده گلیسرین، استتاریک اسید، پالمیتیک اسید، پروپیلن گلاکول و اکریلیک اسید برای ادامه بررسی‌ها در فصل سوم انتخاب شدند.

۱-۲: کد گمرکی مواد شیمیایی، HS یا Harmonysed system

این کد در واقع سیستم عملکرد استانداردسازی شده برای کنترل، شناسایی و طبقه بندی محصولات است. این کد با قیمت گذاری، بودجه بندی و اقتصاد مرتبط بوده و در این سیستم هر محصول دارای کدی خاص است که با نام کد گمرکی کالا شناخته شده و شامل ۱۰ رقم است. این کد ها از ۲۱ بخش و ۹۷ گروه تشکیل می شود. تمام کالاها بر اساس یک کد ۸ یا ۱۰ رقمی در رقی در کشور ها طبقه بندی شده ۴ یا ۶ رقم اول بین کشورهای عضو مشترک، و ۲ یا ۴ رقم بعدی بر اساس فضای طبقه بندی کالای کشور متفاوت است. طبقه بندی کالاها ممکن است بر مبنای حروف الفبا یا بر اساس نوع مواد تشکیل دهنده کالا و یا تکنولوژی ساخت یا مصارف نهایی کالا و یا ترکیبی از آنها می باشد. در کد گمرکی کالا یا HS code دو رقم اول نمایانگر شماره سر فصل است و دو رقم بعدی نشان دهنده ی جایگاه کالا در همان فصل (گروه) است. دو رقم بعد زیر گروه و دو رقم آخر نشان دهنده ی تعرفه است. جدول ۱-۲ دسته های اصلی تعریف شده در این سیستم را نشان میدهد.

جدول ۱-۲: سرفصل های اصلی HS Code

HS CODE	Group
01 – 05	Animal and Animal Products
06 – 15	Vegetable Products
16-24	Food Stuff
25-27	Mineral Products
28 – 38	Chemicals and Allied Products
39 – 40	Plastic and Rubber
41 – 43	Raw Hides, Skins, Leather
44 – 49	Wood and Wood Products
50 – 63	Textiles
64 – 67	Footwear and Head-ware
68 – 71	Stone and Glass
72 – 83	Metals
84 – 85	Machinery and Electrical
86 – 89	Transportation
90 – 97	Misc
98-99	Services

دو رقم اول HS مربوط به فصل مربوطه است. دو رقم دوم سر دسته را نشان می دهد و دو رقم سوم زیر دسته را نمایش می دهد. بعنوان نمونه ماده شیمیایی متانول با کد HS ۲۹۰۵۱۱ شناخته میشود. در این کد دو رقم اول (۲۹) نشاندهنده سرفصل است. سرفصل برای این ماده "مواد شیمیایی آلی" است و با عنوان " ترکیبات آلی یا غیرآلی فلزات گرانبها، عناصر رادیو اکتیو، فلزات خاکهای کیمیا و ایزوتوپها " شناخته شده است. دو رقم بعدی یعنی ۰۵ نشان دهنده ی "الکلهای غیرحلقوی و مشتقات هالوژنه، سولفونه، نیترو یا نیتروژنه آنها" است. دو رقم بعد یعنی ۱۱ نشان دهنده ی سطح تعرفه اقلام است. در نهایت ۲۹۰۵۱۱ نشان دهنده ی متانول است. (5)

فهرست طبقه بندی کالا ها دارای مزایای فراوانی است، در واقع با وجود این فهرست قرارداد ها و مفاهیم مورد نظر به سادگی قابل فهم و اجرا است. کد بین المللی کالا نشان دهنده حقوق ورودی کالا و تعیین کننده لزوم یا عدم لزوم مجوز واردات از سازمان های دولتی می باشد. با در اختیار داشتن کد گمرکی، میتوان از سایتهای مرتبط داخلی مانند سایت گمرک ایران و یا سایتهای بین المللی مانند سایت www.trademap.org اطلاعات تجارت بین المللی مواد مختلف را استخراج نمود.

۲-۲: اطلاعات مواد شیمیایی وارداتی از گمرک ایران

برای تشخیص مواد شیمیایی مورد نیاز صنایع داخل، آمار واردات مواد شیمیایی در ۱۰ سال اخیر از ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ در جداول ۲-۲ تا ۲-۱۱ آمده است. به کمک سایت گمرک ایران، مواد شیمیایی وارداتی به ایران به لحاظ قیمتی و وزنی، طی ۱۰ سال گذشته شناسایی شد. سپس ۲۰ ماده ی اول

سال ۹۷ به عنوان مبنا قرار گرفت و ارزش وزنی و قیمتی همان مواد در سالیان گذشته مورد بررسی قرار گرفت. سپس نموداری از رشد هر ماده از نظر وزنی و قیمتی طی ۱۰ سال اخیر رسم شد. قیمت واحد مواد نیز به دلار محاسبه گردید.

جدول ۱-۲: آمار واردات مواد شیمیایی سال ۹۷

شرح	رتبه وزنی	وزن (کیلوگرم)	رتبه قیمتی	ارزش (ریال)	ارزش (دلار)
بنزن	2	70,648,211	1	2,639,458,738,694	66,919,769
هیدروژن و توفسفات دی آمونیوم (فسفات دی آمونیک)	1	82,850,000	2	1,737,875,933,063	41,354,037
سایر اسید پالمیتیک، اسید استئاریک و املاح و استرهای آن ها غیر از استئاراتهای فلزی	9	18,237,029	3	1,055,504,664,102	25,235,470
هیدروکربورهای غیر حلقوی، اشباع شده	6	21,405,152	4	908,050,833,734	21,562,774
گلیسرول	8	18,956,140	5	841,062,981,066	20,025,609
استرهای اسید اکریلیک	13	10,847,622	6	799,466,663,696	19,056,014
پروپیلن گلیکول (پروپان ۱،۲-دی ئول)	14	9,998,410	7	708,872,896,090	16,812,141
تری فسفات سدیم (تری پلی فسفات های سدیم)	7	19,231,155	8	691,873,704,562	16,447,295
اسید استئاریک	10	17,977,475	9	672,480,660,292	15,980,316
مونو کلسیم فسفات	3	27,756,250	10	668,981,998,081	15,896,904
سایر هیدروکربورهای حلقوی غیر از سیکلانیها، سیکلنیاها یا سیکلوترپنیک ها، بنزن، تولوئن، اکسلین ها، استیرن، اتیل بنزن، کومن	202	64,378	11	584,495,163,970	14,631,188
والپروات سدیم	194	86,639	12	525,759,718,226	12,472,381
دی اکسید سیلیسیم	27	4,625,266	13	518,463,052,492	12,383,903
کولین کلراید ۶۰٪ پودر	15	9,968,175	14	490,710,131,627	11,710,485
اسید سیتریک	12	13,878,609	15	457,251,767,680	10,962,784
سایر کربنات ها، پراکسو کربنات ها و کربنات آمونیوم تجارتی که دارای کاربرامات آمونیوم باشد	11	16,935,335	16	432,516,625,582	10,348,986
مشتقات فلورینه و برومینه یا یدینه هیدروکربن ها ی غیر حلقوی غیر از دی برومواتیلن	50	2,031,433	17	415,093,214,849	10,146,435
اسید ترفتالیک و املاح آن	29	4,462,624	18	376,931,835,665	9,183,562
کربنات دی سدیم	4	27,013,882	19	380,740,227,246	9,158,013
سایر اسیدهای مونو کربوکسیلیک غیر حلقوی اشباع شده واسید ریوها، هالوژنه ها، پراکسیدها، پراکسی اسیدهای آن ها مشتقات هالوژنه، سولفونه، نیترو یا نیتروزه آن ها، غیر مذکور در جای دیگر.	43	1,579,718	20	366,667,873,024	8,906,702

جدول ۲-۲: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۹۶

شرح	رتبه وزنی	وزن (کیلوگرم)	رتبه قیمتی	ارزش (ریال)	ارزش (دلار)
فرومگنز دارای بیش از ۲ درصد وزنی کربن	1	127,447,572	1	5,217,697,556,693	150,829,073
فرومگنز دارای بیش از ۱ درصد ولی مساوی یا کمتر از ۲ درصد وزنی کربن سایر ابعاد	4	38,768,000	2	2,208,348,900,908	64,013,824

62,729,100	2,149,135,968,645	3	63,746,560	2	فروسیلیکومنگنز
53,177,068	1,741,315,400,127	4	59,338,468	3	بنزن
39,699,915	1,367,425,985,302	5	14,146,941	16	اکسیدهای تیتان
39,617,200	1,347,084,856,329	6	128,080	221	سایر هیدروکربورهای حلقوی غیر از سیکلانیکیها ، سیکلنیکها یا سیکلوترینیک ها ، بنزن ، تولوئن ، اکسلین ها ، استیرن ، اتیل بنزن ، کومن
37,799,155	1,283,454,248,735	7	29,242,209	7	سایر اسید پالمیتیک، اسیداستئاریک واملاح واسترهای آنها غیر از استئاراتهای فلزی
24,008,377	833,756,487,327	8	35,266,063	5	اکسیدهای منیزیم
20,483,088	705,545,760,981	9	4,592,842	43	مشتقات فلورینه وبرومینه یا یدینه هیدروکربن ها ی غیر حلقوی غیر از دی برومواتیلن
18,474,617	635,341,464,480	10	11,055,443	18	استرهای اسید اکرلیک
17,297,665	586,074,220,261	11	1,378,165	93	نیکل بصورت کارنشده، غیرممزوج.
15,890,748	540,353,954,726	12	30,129,750	6	مونو کلسیم فسفات
15,761,588	537,890,704,718	13	18,983,023	12	تری فسفات سدیم (تری پلی فسفات های سدیم)
14,365,474	490,894,044,233	14	9,894,783	19	پروپیلن گلیکول (پروپان ۱،۲-دی-ئول)
14,307,095	484,465,562,978	15	16,593,749	13	اسید ستریک
13,874,635	473,127,223,785	16	20,282,293	8	هیدروکربورهای غیرحلقوی، اشباع شده
13,754,440	466,465,163,860	17	7,163,515	29	اکسیژن حاوی کمتر از ۹۹/۹۹ درصد وزنی سیلیسیم
12,088,957	421,150,990,711	18	5,926,000	32	فرومگنز دارای درصدوزنی یا کمتر کربن سایر ابعاد
12,135,235	411,949,124,676	19	5,107,902	35	دی اکسید سیلیسیم
11,888,638	410,407,710,062	20	7,536,587	26	سایر اسیدهای پلی کربوکسیلیک غیرحلقوی انیدریدها ، هالوژنورها ، پراکسیدها وپراکسی اسیدها ومشتقات آنها غیر از فروش فوسارات .
11,876,430	402,885,723,369	21	14,728,596	15	گلیسرول
10,718,309	364,650,886,583	22	19,703,566	10	سایر کربنات ها، پراکسو کربنات ها وکربنات آمونیوم تجارتی که دارای کاربامات آمونیوم باشد
10,586,787	356,520,677,519	23	13,557,998	17	اسید بریک
9,520,659	323,491,207,387	24	64,641	253	ترت بوتیل آمین کلاولات
9,488,597	323,309,406,247	25	7,276,595	28	سایر سیلیکات ها وسیلیکاتهای فلزات قلیایی تجارتی غیر از سدیم
9,078,885	312,329,927,303	26	8,507,871	21	استن
9,126,263	311,983,696,403	27	338,768	164	فرونیوبوم.
8,995,362	309,840,445,925	28	4,877,422	40	سایر اسیدهای پلی کربوکسیلیک بودا را. نیدرید.هالوژنورها،پراکسیدها،پراکسی اسیدهای آنهاومشتقات آنهاغیرمذکور
8,760,648	300,297,301,425	29	2,087,037	71	سایر اسیدهای مونوکربوکسیلیک غیر حلقوی اشباع شده واسید ربوها،هالوژنه ها ،پراکسیدها ،پراکسی اسیدهای آنهاومشتقات هالوژنه ،سولفونه ،نیترو یانیتروزه آنها،غیر مذکور درجای دیگر.

جدول ۳-۲: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۹۵

شرح	رتبه وزنی	وزن (کیلوگرم)	رتبه قیمتی	ارزش ریالی	ارزش دلاری
اکسید آلومینیم	1	243,599,687	1	2,627,203,795,740	83,923,031
ایزوسیانات ها	2	36,367,150	2	2,242,242,190,682	71,345,683
سایر هیدروکربورهای حلقوی غیر از سیکلانیکها ، سیکلنیکها یا سیکلوترینیک ها ، بنزن ، تولوئن ، اکسلین ها ، استیرن ، اتیل بنزن ، کومن	127	413,643	3	1,421,508,808,529	45,103,998
اکسیدهای تیتان	6	18,870,736	4	1,282,588,513,401	40,757,897
سایر اسید پالمتیک، اسیداستئاریک واملاح واسترهای آنها غیر از استئاراتهای فلزی	5	20,285,487	5	683,356,913,889	21,867,310
پروپیلن گلیکول (پروپان ۱،۲-دی ئول)	12	11,108,375	6	440,573,275,663	14,065,175
هیدروکربورهای غیرحلقوی، اشباع شده	9	14,846,286	7	406,987,765,733	12,965,102
اسید ستریک	7	16,393,630	8	370,344,683,027	11,744,156
استرهای اسید اکریلیک	17	8,474,082	9	357,726,549,165	11,374,321
تری فسفات سدیم (تری پلی فسفات های سدیم)	10	13,684,671	10	356,896,265,085	11,385,031
تولوئن دی سیانات ها (TDI)	42	3,601,312	11	351,752,364,687	10,918,083
مشتقات فلورینه وبرومینه یا یدینه هیدروکربن ها ی غیر حلقوی غیراز دی بروماتیلن	43	3,316,602	12	350,206,508,767	11,184,523
دی اکسید سیلیسیم	33	4,718,803	13	347,079,188,631	11,053,092
سایر اسیدهای مونوکربوکسیلیک غیر حلقوی اشباع شده واسید ریو ها، هالوژنه ها ، پراکسیدها ، پراکسی اسیدهای آنها مشتقات هالوژنه ، سولفونه ، نیترو یانیتروزه آنها، غیر مذکور درجای دیگر.	57	2,165,118	14	292,183,376,817	9,224,448
سایر اسیدهای پلی کربوکسیلیک غیرحلقوی انیدریدها ، هالوژنورها ، پراکسیدها وپراکسی اسیدها ومشتقات آنها غیر از فروش فوصارات .	24	5,898,647	15	284,959,219,697	9,048,690
سیسیسیم حاوی کمتر از ۹۹/۹۹ درصد وزنی سیلیسیم	32	4,944,401	16	266,045,638,583	8,467,606
مونو کلسیم فسفات	8	15,038,000	17	263,605,610,110	8,414,554
سیکلانیک ها، سیکلنیک ها یا سیکلوترپنیک ها غیر از سیکلو هگزان	18	7,994,992	18	243,526,999,798	7,823,631
گلیسرول	14	10,742,098	19	215,787,673,471	6,879,332
سایر هیدروژن کربنات سدیم (بی کربنات سدیم) بجز بی کربنات - غیر تزریقی گرید دارویی	3	27,039,083	20	208,739,635,866	6,698,870
اترهای مونو بوتیلیک اتیلن گلیکول یا دی اتیلن گلیکول	27	5,065,199	21	198,207,739,376	6,311,084
پروپان - ۱-ئول (الکل پروپیلیک) (پروپان ۲-ئول) (الکل ایزوپروپیلیک)	25	5,635,150	22	189,351,349,900	5,992,310
استن	23	6,863,064	23	188,257,972,573	5,974,004
اسید فسفریک بادرجه خلوص ۵۵درصد وبالاتر	19	7,680,044	24	187,448,057,279	5,993,387
پراکسید هیدروژن (آب اکسیژنه) حتی جامد شده با اوره	13	10,885,412	25	182,977,632,677	5,856,693

جدول ۴-۲: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۹۴

شرح	رتبه وزنی	وزن (کیلوگرم)	رتبه قیمتی	ارزش (ریالی)	ارزش (دلار)
متیونین	7	16,887,501	1	2,987,796,539,410	100,752,860
ایزوسیاناتکها	3	34,447,475	2	2,092,211,213,003	70,876,841
اکسید آلومینیم غیرا ز کورندوم مصنوعی	1	131,434,959	3	1,832,535,777,641	61,631,597
اکسیدهای تیتان	10	13,136,537	4	820,999,372,718	27,872,836
سایر اسید پالمیتیک، اسیداستئاریک واملاح واسترهای آنها غیر از استئاراتهای فلزی	4	22,692,772	5	727,442,413,943	24,638,326
تری فسفات سدیم (تری پلی فسفات های سدیم)	6	18,162,255	6	487,754,466,310	16,498,907
اسیدسیتریک	5	20,522,055	7	461,331,225,593	15,611,579
استن	11	11,576,926	8	347,982,842,612	11,770,604
استرهای اسید اکریلیک	22	6,590,723	9	337,435,787,167	11,437,305
پروپیلن گلیکول (پروپان ۱،۲-دی ئول)	20	7,253,550	10	323,690,932,064	10,987,195
سایر اسیدهای مونوکربوکسیلیک غیر حلقوی اشباع شده واسید ریوها،هالوژنه ها،پراکسیدها،پراکسی اسیدهای آنها مشتقات هالوژنه،سولفونه،نیترو یانیتروزه آنها،غیر مذکور درجای دیگر.	52	2,601,091	11	322,597,395,817	10,872,922
متفورمین	137	572,552	12	307,381,523,352	10,370,868
گلیسرول	9	13,211,795	13	290,173,887,229	9,771,511
سیسیسیم حاوی کمتر از ۹۹/۹۹ درصد وزنی سیسیسیم	40	3,981,743	14	250,201,954,280	8,552,393
دی اکسید سیسیسیم	46	2,970,702	15	250,031,160,806	8,483,566
ترت بوتیل آمین کلاولانات	279	45,725	16	243,375,260,863	8,163,812
هیدروکربورهای غیرحلقوی، اشباع شده	25	6,443,556	17	228,957,362,082	7,747,533
سایر سیلیکات ها وسیلیکاتهای فلزات قلیایی تجارتی غیر از سدیم	30	5,077,748	18	221,709,967,546	7,578,640
مونو کلسیم فسفات	12	11,017,784	19	209,036,996,285	7,060,172
اسید بریک	14	9,435,682	20	208,221,401,369	7,044,035

جدول ۵-۲: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۹۳

شرح	رتبه (وزنی)	وزن (کیلوگرم)	رتبه (قیمتی)	ارزش (ریالی)	ارزش (دلار)
اکسید آلومینیم غیرا ز کورندوم مصنوعی	1	126,643,217	1	1,544,173,229,407	58,045,122
اکسیدهای تیتان	4	19,940,070	2	1,379,124,550,268	52,020,582
سایر اسید پالمیتیک، اسیداستئاریک واملاح واسترهای آنها غیر از استئاراتهای فلزی	3	20,241,913	3	668,041,520,677	25,111,232
اورتو فتالاتکهای دیکاکتیل	10	11,928,390	4	548,960,433,782	20,303,840

18,848,521	503,856,689,488	5	8,059,566	17	اکسیژن حاوی کمتر از ۹۹/۹۹ درصد وزنی سیلیسیم
18,061,425	477,087,260,365	6	1,874,562	64	سایر پلی الکال ها
17,269,007	454,575,208,766	7	15,272,808	6	تری فسفات سدیم (تری پلی فسفات های سدیم)
15,810,148	417,864,725,993	8	16,473,357	5	اسید سیتربیک
14,613,067	385,208,912,824	9	10,307,529	13	کربن (دوده کربن و سایر اشکال کربن که در جای دیگر گفته نشده و مشمول شماره دیگر تعرفه نشده باشد).
14,134,700	370,448,407,520	10	7,116,108	20	پروپیلن گلیکول (پروپان ۱،۲-دی ئول)
13,484,867	355,647,966,581	11	5,605,321	25	استرهای اسید اکریلیک
12,760,871	343,396,017,791	12	7,687,893	19	دوا تیل هگزانول
12,869,322	338,437,601,043	13	12,734,246	7	گلیسرول
12,005,870	316,429,368,901	14	4,826,000	32	پرمگنات پتاسیم
12,008,070	315,635,818,879	15	7,806,818	18	استن
11,945,849	315,471,879,441	16	3,989,640	39	دی اکسید سیلیسیم
11,814,079	312,290,146,117	17	8,098,449	16	سایر سیلیکات ها و سیلیکاتهای فلزات قلیایی تجارتی غیر از سدیم
10,030,952	266,982,741,514	18	11,376,594	11	اسید بریک
9,721,575	255,229,810,675	19	3,072,250	48	سایر مشتقات هالوژنه هیدروکربورهای غیرحلقوی حاوی دو هالوژن یا چند هالوژن مختلف
9,352,915	249,560,220,377	20	6,542,596	21	هیدروکربورهای غیرحلقوی اشباع شده

جدول ۶-۲: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۹۲

شرح	رتبه (وزنی)	وزن (کیلوگرم)	رتبه (قیمتی)	ارزش (ریالی)	ارزش (دلار)
اکسیدهای تیتان	6	18,401,567	1	1,745,850,488,420	70,333,294
اکسید آلومینیم غیرا زکوردوم مصنوعی	1	118,295,826	2	1,531,001,732,495	61,814,852
تری فسفات سدیم (تری پلی فسفات های سدیم)	3	24,953,100	3	715,757,439,633	28,731,852
سایر اسید پالمیتیک، اسیداستئاریک و املاح واسترهای آنها غیر از استئاراتهای فلزی	5	18,916,271	4	637,284,336,094	25,688,096
اسید سیتربیک	4	20,184,083	5	557,363,693,730	22,347,217
استرهای اسید اکریلیک	18	8,209,958	6	518,878,002,646	20,885,181
سایر سیلیکات ها و سیلیکاتهای فلزات قلیایی تجارتی غیر از سدیم	12	11,097,417	7	459,930,978,021	18,553,506
سایر اسیدهای مونوکربوکسیلیک غیر حلقوی اشباع شده و اسید ریو، هالوژنه ها، پراکسیدها، پراکسی اسیدهای آنها مشتقات هالوژنه، سولفونه، نیترو یانیتروزه آنها، غیر مذکور درجای دیگر.	26	5,403,856	8	381,125,312,917	15,364,982

14,867,171	374,008,910,507	9	1,702,765	55	سایر پلی الک ها
13,743,530	341,602,125,687	10	4,722,042	30	دی اکسید سیلیسیم
12,749,887	316,564,923,337	11	6,671,030	21	پروپیلن گلیکول (پروپان ۱،۲-دی ئول)
12,684,468	314,956,617,227	12	8,384,305	17	کربن (دوده کربن و سایر اشکال کربن که در جای دیگر گفته نشده و مشمول شماره دیگر تعرفه نشده باشد).
12,637,465	312,838,184,810	13	93,301,122	2	سولفات دی سدیم
11,849,734	294,189,994,102	14	10,566,721	15	گلیسرول
10,194,550	253,083,484,002	15	5,494,246	25	فنل (هیدروکسی بنزن) و املاح آن
9,624,833	238,735,045,669	16	3,988,282	34	سایر ا ترا لکل ها و مشتقات هالوژنه ،سولفونه ،نیترو یانیتروزه آنها،غیر مذکور درجای دیگر .
9,580,183	237,587,763,397	17	6,393,109	23	استن
9,179,424	230,249,158,496	18	4,066,118	33	سیلیسیم حاوی کمتر از ۹۹/۹۹ درصد وزنی سیلیسیم
9,085,126	225,644,631,091	19	10,645,470	14	اسید بریک

جدول ۷-۲: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۹۱

شرح	رتبه (وزنی)	وزن (کیلوگرم)	رتبه (قیمتی)	ارزش ریالی	ارزش دلاری
اکسیدهای تیتان	4	17,079,635	1	907,620,363,752	56,834,790
تری فسفات سدیم (تری پلی فسفات های سدیم)	1	21,422,918	2	392,812,193,280	25,732,524
اکسید آلومینیم غیرا زکوردوم مصنوعی	2	19,583,933	3	312,739,048,803	19,160,984
سایر سیلیکات ها وسیلیکاتهای فلزات قلیایی تجارتی غیر از سدیم	16	6,940,218	4	307,698,898,353	15,533,323
اسید سیتریک	3	17,506,611	5	276,608,753,102	17,797,107
سایر اسید پالمیتیک، اسیداستئاریک واملاح واسترهای آنها غیر از استئاراتهای فلزی	7	11,857,548	6	260,064,904,800	17,130,253
استرهای اسید اکریلیک	20	5,879,016	7	228,620,722,648	14,372,438
پرمنگنات پتاسیم	22	5,703,000	8	223,818,717,871	15,200,056
گلیسرول	6	13,048,799	9	207,991,703,320	13,461,905
فنل (هیدروکسی بنزن) و املاح آن	17	6,660,815	10	203,983,749,970	12,832,480
استن	12	8,235,241	11	190,776,378,224	13,202,905
سایر اسیدهای مونوکربوکسیلیک غیر حلقوی اشباع شده واسید ربوها،هالوژنه ها ،پراکسیدها ،پراکسی اسیدهای آنها،مشتقات هالوژنه ،سولفونه ،نیترو یانیتروزه آنها،غیر مذکور درجای دیگر.	40	2,888,277	12	184,617,545,381	10,884,897
پروپیلن گلیکول (پروپان ۱،۲-دی ئول)	21	5,786,229	13	184,266,872,182	11,999,293
ایزومرهای اکسین مخلوط شده	24	5,191,507	14	181,766,459,996	7,476,618
دودکان ۱-ئول (ا لکل لوریک)هگزا دکان ۱-ئول (ا لکل ستیلیک)وا کتادکان ۱-ئول (الکل استئاریک)	29	4,324,710	15	161,651,309,430	9,447,306

9,113,529	161,271,459,791	16	11,695,961	8	اسید بریک
10,448,271	160,068,345,248	17	4,191,089	30	اکسیژن حاوی کمتر از ۹۹/۹۹ درصد وزنی سیلیسیم
8,434,461	159,007,639,901	18	7,646,602	15	اسید فسفریک با درجه خلوص ۵۵ درصد و بالاتر
8,913,149	157,968,563,420	19	3,293,129	42	دی اکسید سیلیسیم
9,712,353	156,113,844,247	20	4,748,827	27	کربن (دوده کربن و سایر اشکال کربن که در جای دیگر گفته نشده و مشمول شماره دیگر تعرفه نشده باشد).

جدول ۸-۲: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۹۰

شرح	رتبه (وزنی)	وزن (کیلوگرم)	رتبه (قیمتی)	ارزش ریالی	ارزش دلاری
اکسیدهای تیتان	4	16,695,355	1	532,653,038,535	48,865,196
تری فسفات سدیم (تری پلی فسفات های سدیم)	1	35,011,353	2	390,899,109,364	36,193,514
اکسید آلومینیم غیر از کورندوم مصنوعی	3	21,550,100	3	214,721,834,945	19,536,432
استرهای اسید کربلیک	15	6,270,403	4	176,931,218,028	16,035,784
سایر اسید پالمیتیک، اسید استئاریک و املاح و استرهای آنها غیر از استئاراتهای فلزی	6	12,366,726	5	160,289,444,483	14,654,700
پروپیلن گلیکول (پروپان ۱،۲-دی ئول)	18	5,952,274	6	131,046,839,798	12,076,852
اکسیژن حاوی کمتر از ۹۹/۹۹ درصد وزنی سیلیسیم	25	4,513,975	7	124,481,802,929	11,455,155
پرمنگنات پتاسیم	22	4,564,000	8	124,024,696,608	11,416,887
اسید های بوتانوئیک، اسیدهای پنتانوئیک، املاح و استرهای آنها	162	142,983	9	116,129,264,957	10,508,803
استن	13	7,067,531	10	113,924,928,931	10,337,314
پروپان - ۱-ئول (الکل پروپیل) و پروپان ۲-ئول (الکل ایزوپروپیل)	17	5,974,472	11	108,720,936,021	9,770,600
کربن (دوده کربن و سایر اشکال کربن که در جای دیگری مذکور یا مشمول نباشد)	24	4,524,962	12	107,427,685,968	10,016,155
دی اکسید سیلیسیم	31	3,667,402	13	106,032,928,064	9,684,249
فنل (هیدروکسی بنزن) و املاح آن	20	4,707,796	14	104,615,926,075	9,573,654
اسید بریک	7	11,596,856	15	104,430,993,219	9,534,176
بوتانول (متیل اتیل ستن)	34	3,425,234	16	100,010,460,317	9,142,283
پراکسید هیدروژن (آب اکسیژنه) حتی جامد شده با اوره	5	12,740,454	17	93,742,467,421	8,506,921
اترهای مونو بوتیلیک اتیلن گلیکول یادی اتیلن گلیکول	32	3,637,596	18	87,134,382,797	8,000,065
گلیسرول	11	8,586,272	19	80,133,229,910	7,434,937
دی کلرومتان (کلرور متیلن)	16	6,134,812	20	63,885,193,783	5,719,072

جدول ۹-۲: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۸۹

شرح	رتبه (وزنی)	وزن (کیلوگرم)	رتبه (قیمتی)	ارزش (ریال)	ارزش (دلار)
تری فسفات سدیم (تری پلی فسفات های سدیم)	1	60,283,884	1	531,072,977,605	51,505,096

39,874,958	412,026,346,746	2	19,192,718	7	اکسیدهای تیتان
30,053,453	308,987,222,328	3	50,721,987	3	اکسید آلومینیم غیر از کورندوم مصنوعی
29,645,035	304,742,173,202	4	22,159,678	6	استیرن
18,424,094	189,891,898,566	5	34,989,193	4	1,2-دی کلرواتان (اتیلن دی کلرید)
16,336,242	168,975,168,969	6	13,319,882	10	کربن (دوده کربن و سایر اشکال کربن که در جای دیگری مذکور یا مشمول نباشد)
16,324,071	168,956,036,787	7	4,903,477	35	سایر اسیدهای مونوکربوکسیلیک غیر حلقوی اشباع شده و اسید ربوها، هالوژنه ها، پراکسیدها، پراکسی اسیدهای آنها مشتقات هالوژنه، سولفونه، نیترو یا نیتروزه آنها، غیر مذکور در جای دیگر.
15,336,243	158,868,238,693	8	9,323,660	19	پروپیلن گلیکول (پروپان ۱،۲-دی ئول)
14,023,154	144,795,875,893	9	4,936,692	34	سایر مشتقات هالوژنه هیدروکربورهای غیر حلقوی حاوی دو هالوژن یا چند هالوژن
13,793,360	142,860,850,556	10	6,051,264	26	سیلیسیم حاوی کمتر از ۹۹/۹۹ درصد وزنی سیلیسیم
13,596,382	140,131,144,357	11	5,997,832	27	استرهای اسید کریلیک
12,969,475	134,233,003,494	12	9,504,527	18	پروپان - ۱-ئول (الکل پروپیل) و پروپان ۲-ئول (الکل ایزوپروپیل)
11,454,443	117,946,245,199	13	10,933,528	11	سایر اسید پالمیتیک، اسید استئاریک و املاح و استرهای آنها غیر از استراتهای فلزی
11,328,307	117,268,911,391	14	13,392,022	9	اسید ستریک
10,226,846	105,956,249,155	15	10,490,348	13	اسید فسفریک با درجه خلوص کمتر از ۵۵ درصد
9,213,450	95,429,155,188	16	4,174,000	42	پرمنگنات پتاسیم
9,155,749	94,503,900,269	17	3,074,723	50	دی اکسید سیلیسیم
8,154,058	83,855,447,164	18	58,468,634	2	سولفات دی سدیم
7,652,288	79,173,175,171	19	33,657,613	5	هیدروکسید سدیم بصورت محلول در آب (محلول قلیائی سود سوزآور)
7,566,154	78,204,174,002	20	8,911,574	20	استات اتیل
7,296,672	75,411,490,913	21	9,782,100	16	اسید بریک
7,166,606	74,130,198,324	22	3,888,192	45	فنل (هیدروکسی بنزن) و املاح آن
6,732,193	69,431,425,635	23	9,714,046	17	گلیسرول

جدول ۱۰-۲: آمار واردات مواد شیمیایی به ایران در سال ۱۳۸۸

شرح	رتبه (وزنی)	وزن (کیلوگرم)	رتبه (قیمتی)	ارزش ریالی	ارزش دلاری
ایزوسیانات ها	7	32,951,074	1	795,901,851,733	80,113,099
تری فسفات سدیم (تری پلی فسفات های سدیم)	4	67,640,554	2	592,809,968,295	59,702,225
متیونین	20	9,110,450	3	511,760,678,384	51,583,538
استیرن	6	33,164,269	4	355,645,890,820	35,968,933
اکسید آلومینیم، غیر از کورندوم مصنوعی	3	80,126,795	5	305,339,117,811	31,037,534

27,021,138	268,623,339,112	6	14,015,472	14	اکسیدهای تیتان
19,368,971	192,668,570,710	7	40,197,041	5	۱,۲-دی کلرواتان (اتیلن دی کلرید)
18,891,507	187,268,843,705	8	27,751,123	8	اسید فسفریک با درجه خلوص کمتر از ۵۵ درصد
17,751,030	176,024,165,780	9	86,159,253	1	هیدراکسید سدیم بصورت محلول در آب (محلول قلیائی سودسوزآور)
12,866,372	127,695,982,225	10	14,467,978	13	سایر استنارها همچون اسیدپالمیتیک، اسید استئاریک و املاح و استرهای آنها
12,534,235	124,289,549,918	11	9,285,918	19	پروپیلن گلیکول (پروپان ۱،۲-دی ئول)
12,250,936	121,691,083,786	12	17,423,339	11	اسیدسیتریک
11,438,963	113,683,463,575	13	9,002,498	21	پروپان - ۱-ئول (الکل پروپیل) و پروپان ۲-ئول (الکل ایزوپروپیل)
10,983,216	109,235,799,157	14	3,873,481	44	دی اکسید سیلیسیم
10,580,029	105,290,908,095	15	82,020,343	2	سولفات دی سدیم
10,507,172	103,653,419,734	16	6,842,073	26	استرهای اسید اکریلیک
8,675,553	86,253,174,158	17	9,530,217	18	استن
8,501,073	84,564,667,119	18	7,356,199	24	کربن (دوده کربن و سایر اشکال کربن که در جای دیگری مذکور یا مشمول نباشد)
8,476,921	84,165,283,588	19	4,687,580	38	سیلیسیم، حاوی کمتر از ۹۹/۹۹ درصد وزنی سیلیسیم
8,123,174	80,528,027,225	20	8,802,551	22	اسید بریک

۲-۳: تحلیل آمار واردات مواد شیمیایی

به منظور تحلیل آمار، واردات مواد شیمیایی در سال ۱۳۹۷ بر اساس ترتیب قیمتی آنها (طبق جدول ۲-۲) مبنا قرار داده شده است. به این ترتیب میتوان برای هر ماده، ارزش و تناژ واردات در سالهای قبل را نیز استخراج نموده و سپس با تحلیل روندهای صعودی یا نزولی قیمت/تناژ واردات در سالهای اخیر، به انتخاب بهینه روی محصول شیمیایی منتخب دست یافت. ترتیب واردات مواد شیمیایی در سال ۱۳۹۷ عبارتست از:

- ۱- بنزن
- ۲- فسفات دی آمونیک
- ۳- اسید پالمیتیک، اسید استئاریک و املاح و استرهای آن ها غیر از استنارهای فلزی
- ۴- هیدروکربورهای غیرحلقوی، اشباع شده
- ۵- گلیسرین
- ۶- استرهای اسید اکریلیک
- ۷- پروپیلن گلیکول (پروپان ۱،۲-دی ئول)
- ۸- تری فسفات سدیم (تری پلی فسفات های سدیم)
- ۹- اسید استئاریک
- ۱۰- مونو کلسیم فسفات
- ۱۱- هیدروکربورهای حلقوی غیر از سیکلانیها، سیکلننها یا سیکلوترپنیک ها، بنزن، تولوئن، استیرن، اتیل بنزن، کومن
- ۱۲- والپروات سدیم
- ۱۳- دی اکسید سیلیسیم
- ۱۴- کولین کلراید ۶۰٪ پودر
- ۱۵- اسید سیتریک
- ۱۶- سایر کربنات ها، پراکسو کربنات ها و کربنات آمونیوم تجارتي که دارای کاربردهای آمونیوم باشد

۱۷- مشتقات فلورینه وبرومینه یا یدینه هیدروکربن های غیر حلقوی غیر از دی برومواتیلن

۱۸- اسید ترفتالیک و املاح آن

۱۹- کربنات دی سدیم

۲۰- سایر اسیدهای مونو کربوکسیلیک غیر حلقوی اشباع شده، هالوژنه ها، پراکسیدها، پراکسی اسیدهای آن ها مشتقات هالوژنه، سولفونه، نیترو یا نیتروزه آن ها، غیر مذکور در جای دیگر.

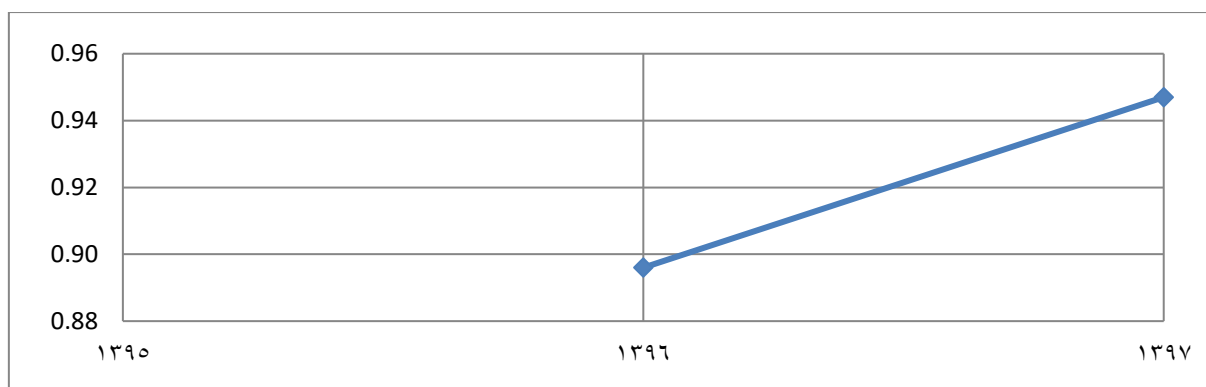
در ادامه برای هر محصول و به ترتیب گفته شده در بالا، تناژ، ارزش و قیمت واحد برای سالهای قبل از ۱۳۹۷ استخراج شده و نمودارهای مربوطه ترسیم شده اند.

۱-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات بنزن

بررسی آمار نشان میدهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، فقط در دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ بنزن به کشور وارد شده است. آمار وزن و ارزش واردت در شکل ۱-۲ و تغییرات قیمت واحد بنزن در شکل ۲-۲ نمایش داده شده است. در نمودار میله ای زیر، ستون سمت چپ نشان دهنده وزن و ستون سمت راست نشان دهنده قیمت است.



شکل ۱-۲: نمودار رشد وزنی و قیمتی بنزن در ۱۰ سال گذشته



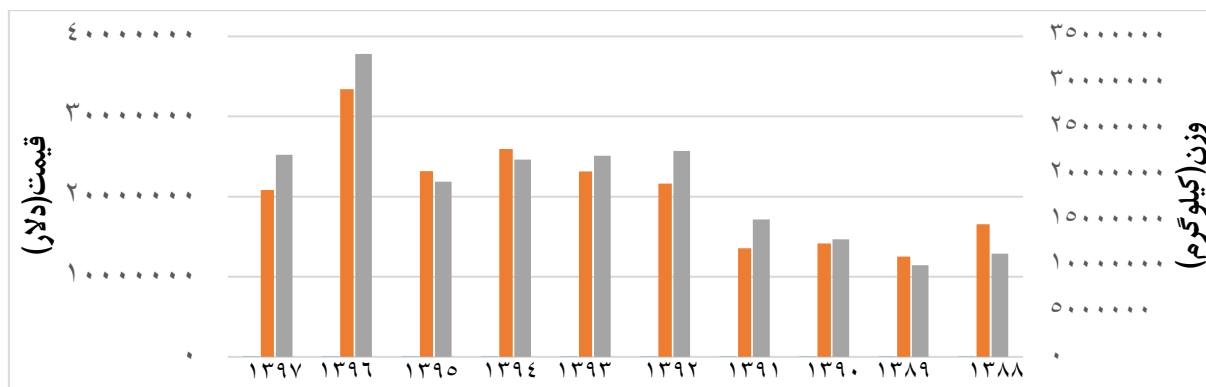
شکل ۲-۲: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) بنزن در ۱۰ سال گذشته

۲-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات فسفات دی آمونیاک

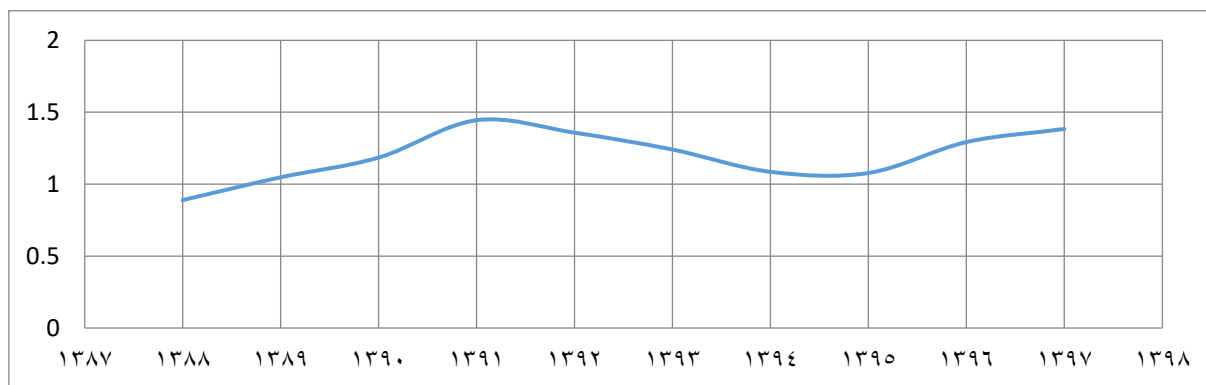
بررسی آمار نشان میدهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، فقط در سال ۱۳۹۷ فسفات دی آمونیاک به کشور وارد شده است. در سال ۹۷ وزن این ماده ۸۲،۸۵۰،۰۰۰ کیلوگرم و ارزش کل واردات این ماده ۴۱،۳۵۴،۰۳۷ دلار بوده است. همچنین قیمت واحد این ماده ۴۹۹،۱۴ دلار است.

۳-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات اسید پالمیتیک، اسید استئاریک و املاح و استرهای آن ها غیر از استئاراتهای فلزی

بررسی آمار نشان میدهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، در هر سال این مواد به کشور وارد شده اند. (در نموداری دیگر آمار واردات استئاریک اسید به طور جداگانه نیز آمده است.) آمار وزن و ارزش واردت در شکل ۳-۲ و تغییرات قیمت واحد در شکل ۴-۲ نمایش داده شده است. در نمودار میله ای زیر، ستون سمت چپ نشان دهنده وزن و ستون سمت راست نشان دهنده قیمت است.



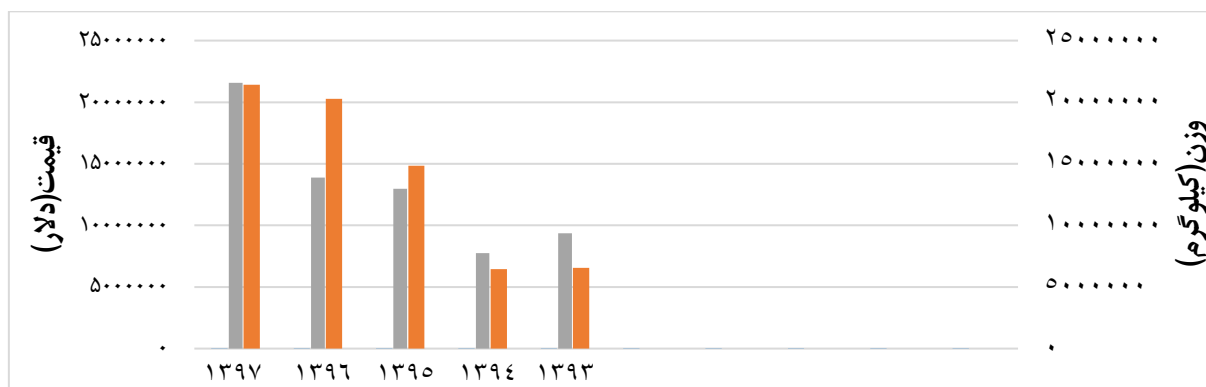
شکل ۳-۲: نمودار رشد وزنی و قیمتی اسید پالمیتیک، سیداستتاریک و املاح و استرهای آن ها غیر از استئاراتهای فلزی



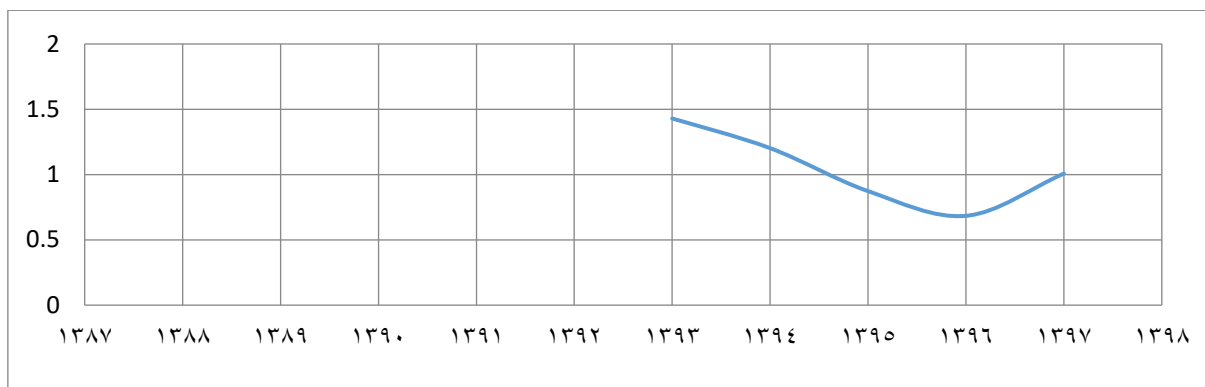
شکل ۴-۲: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "اسید پالمیتیک، سیداستتاریک و املاح و استرهای آن ها غیر از استئاراتهای فلزی" در ۱۰ سال گذشته

۴-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات هیدروکربورهای غیر حلقوی اشباع شده

بررسی آمار نشان میدهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، در سال های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۷ هیدروکربورهای غیر حلقوی وارد کشور شده است. آمار وزن و ارزش واردت در شکل ۵-۲ و تغییرات قیمت واحد هیدروکربورهای غیر حلقوی در شکل ۶-۲ نمایش داده شده است. در نمودار میله ای زیر، ستون سمت چپ نشان دهنده قیمت و ستون سمت راست نشان دهنده وزن است.



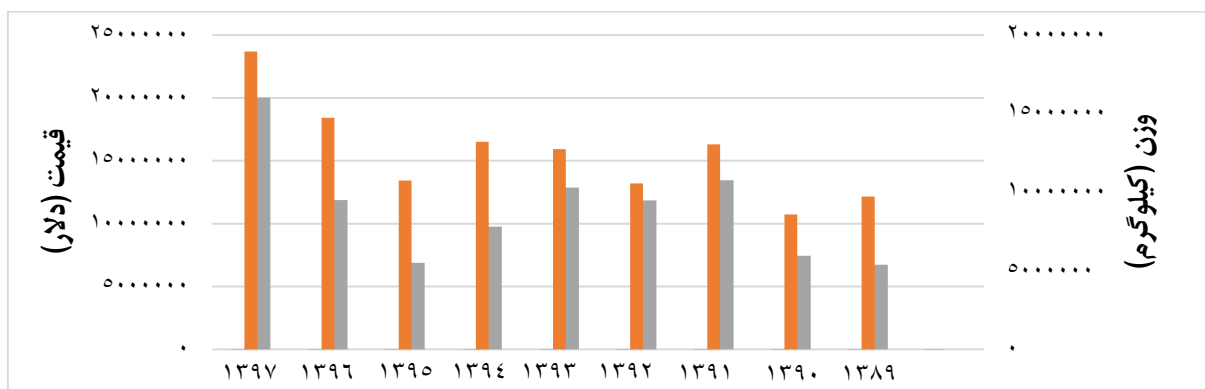
شکل ۵-۲: نمودار رشد وزنی و قیمتی "هیدروکربورهای غیر حلقوی اشباع شده" در ۱۰ سال گذشته



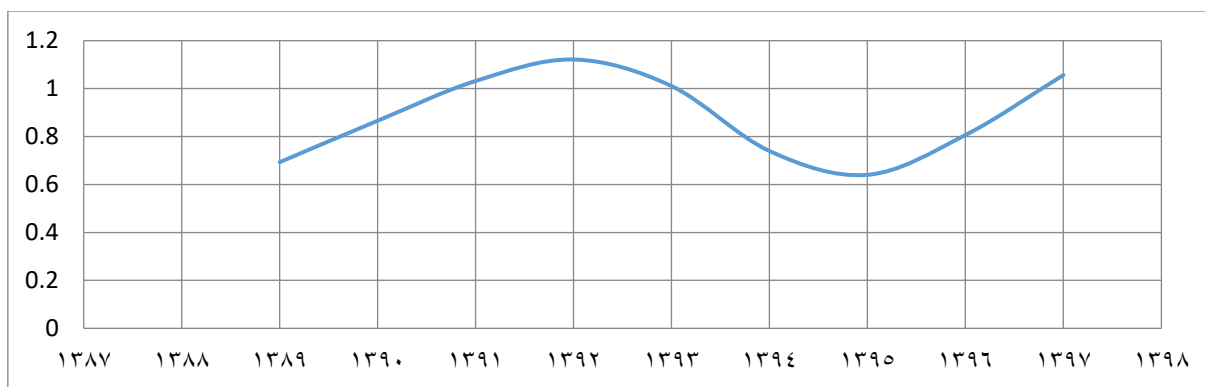
شکل ۲-۶: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "هیدروکربورهای غیر حلقوی اشباع شده" طی ۱۰ سال گذشته

۵-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات گلیسرین

بررسی آمار نشان می‌دهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، در هر ۱۰ سال گلیسرین وارد کشور شده است. آمار وزن و ارزش واردات در شکل ۲-۷ و تغییرات قیمت واحد گلیسرین در شکل ۲-۸ نمایش داده شده است. در نمودار میله ای زیر، ستون سمت چپ نشان دهنده وزن و ستون سمت راست نشان دهنده قیمت است.



شکل ۲-۷: نمودار رشد وزنی و قیمتی گلیسرین در ۱۰ سال گذشته



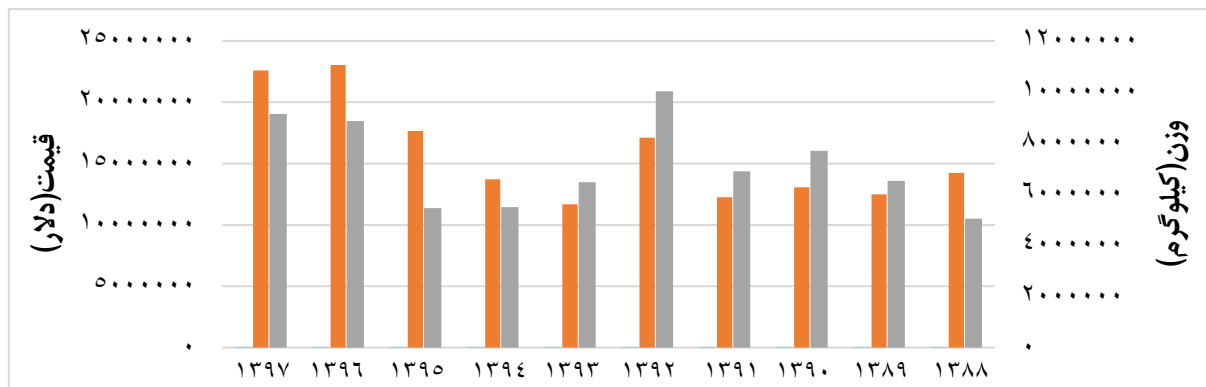
شکل ۲-۸: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "گلیسرین" در ۱۰ سال گذشته

۶-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات استرهای اسید اکریلیک

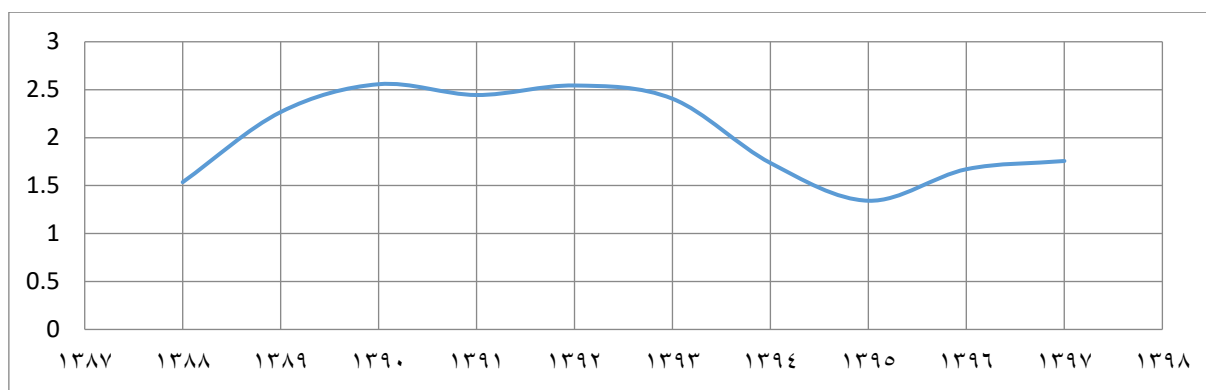
بررسی آمار نشان می‌دهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، در هر ۱۰ سال استرهای اسید اکریلیک وارد کشور شده است. آمار وزن و ارزش واردات در شکل ۲-۹ و تغییرات قیمت واحد استرهای اسید اکریلیک در شکل ۲-۱۰ نمایش داده شده است. در نمودار میله ای زیر، ستون سمت چپ نشان دهنده وزن و ستون سمت راست نشان دهنده قیمت است.

۷-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات پروپیلن گلیکول

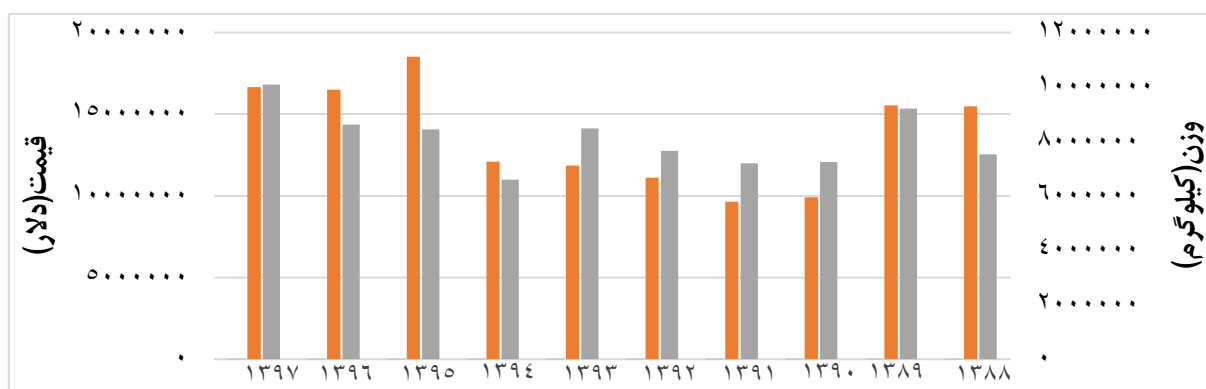
بررسی آمار نشان می‌دهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، در هر ۱۰ سال پروپیلن گلیکول وارد کشور شده است. آمار وزن و ارزش واردات در شکل ۲-۱۱ و تغییرات قیمت واحد پروپیلن گلیکول در شکل ۲-۱۲ نمایش داده شده است. در نمودار میله ای زیر، ستون سمت چپ نشان دهنده وزن و ستون سمت راست نشان دهنده قیمت است.



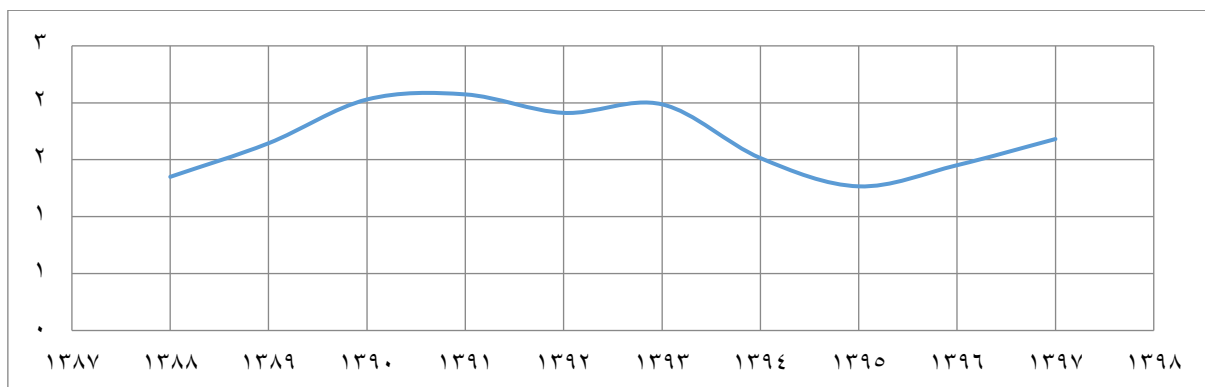
شکل ۲-۹: نمودار رشد وزنی و قیمتی "استرهای اسید اکریلیک" در ۱۰ سال گذشته



شکل ۲-۱۰: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "استرهای اسید اکریلیک" در ۱۰ سال گذشته



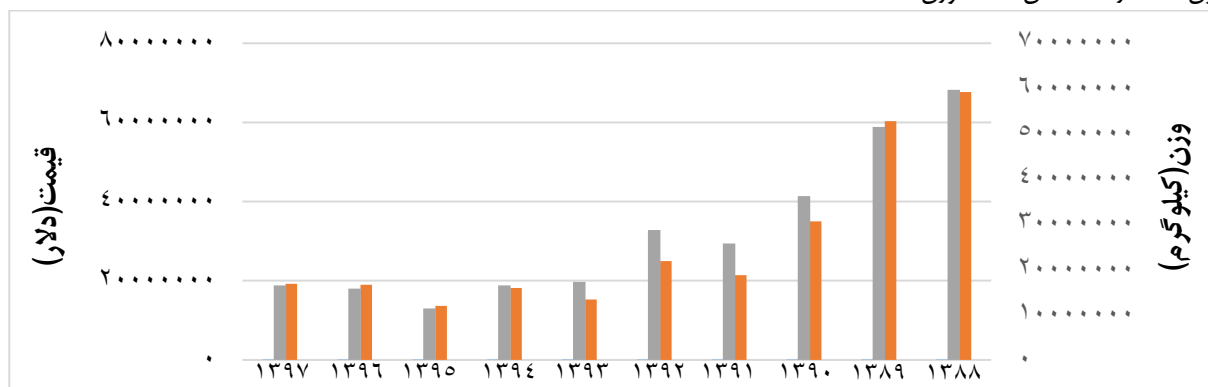
شکل ۲-۱۱: نمودار رشد وزنی و قیمتی "پروپیلن گلیکول" در ۱۰ سال گذشته



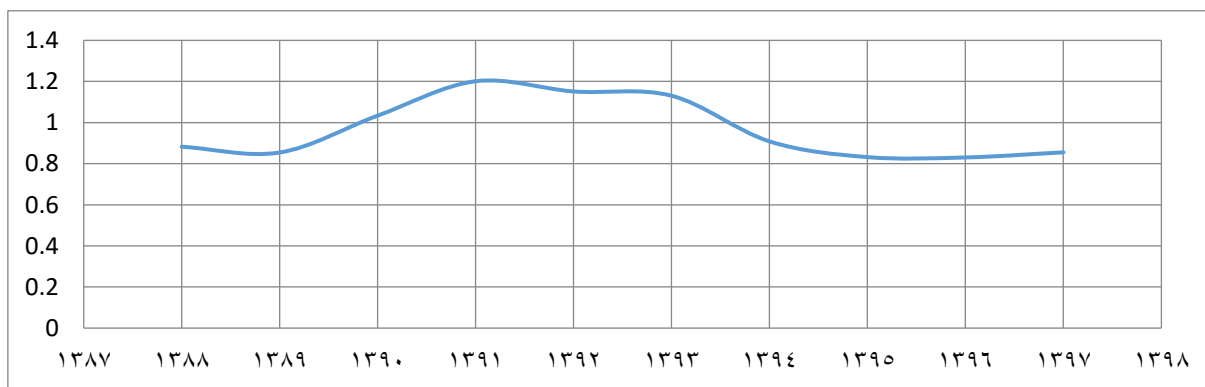
شکل ۱۲-۲: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "پروپیلن گلایکول" در ۱۰ سال گذشته

۸-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات تری فسفات سدیم

بررسی آمار نشان می‌دهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، در هر ۱۰ سال تری فسفات سدیم وارد کشور شده است. آمار وزن و ارزش واردات در شکل ۲-۲ و تغییرات قیمت واحد تری فسفات سدیم در شکل ۲-۱۴ نمایش داده شده است. در نمودار میله ای زیر، ستون سمت چپ نشان دهنده قیمت و ستون سمت راست نشان دهنده وزن است.



شکل ۱۳-۲: نمودار رشد نمودار رشد وزنی و قیمتی "تری فسفات سدیم" در ۱۰ سال گذشته



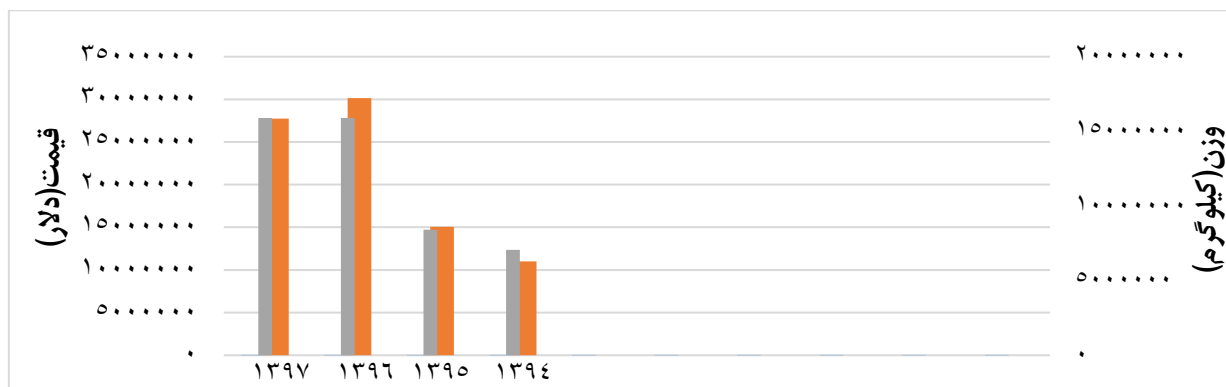
شکل ۱۴-۲: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "تری فسفات سدیم" در ۱۰ سال گذشته

۹-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات اسید استتاریک

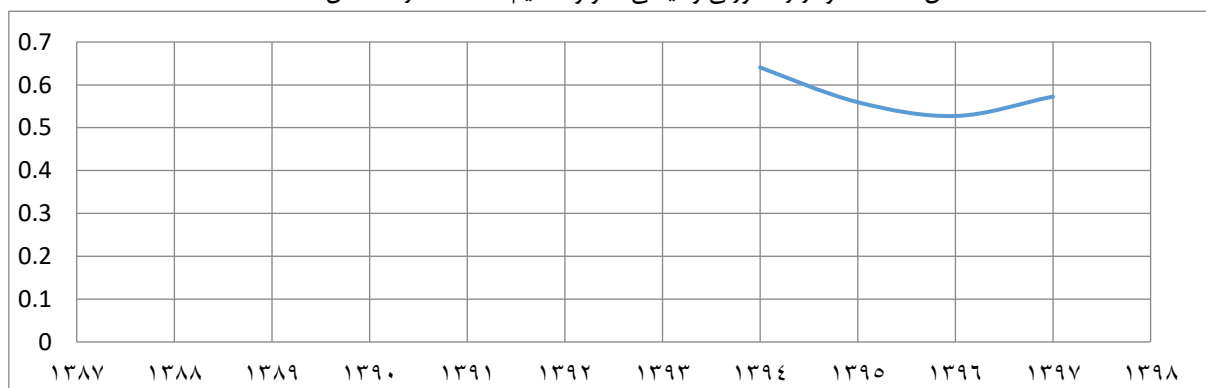
بررسی آمار نشان می‌دهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، تنها در سال ۹۷ اسید استتاریک وارد کشور شده است. ارزش کل واردات استتاریک اسید ۱۵,۹۸۰,۳۱۶ دلار و وزن کل این ماده ۱۷,۹۷۷,۴۷۵ کیلوگرم است. قیمت واحد این ماده در سال ۹۷، ۸۸۸ دلار است.

۱۰-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات مونو کلسیم فسفات

بررسی آمار نشان می‌دهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، طی سالهای ۹۴ تا ۹۷ مونو کلسیم فسفات وارد کشور شده است. آمار وزن و ارزش واردات در شکل ۲-۱۵ و تغییرات قیمت واحد مونو کلسیم فسفات در شکل ۲-۱۶ نمایش داده شده است. در نمودار میله ای زیر، ستون سمت چپ نشان دهنده قیمت و ستون سمت راست نشان دهنده وزن است.



شکل ۱۵-۲: نمودار رشد وزنی و قیمتی "مونو کلسیم فسفات" در ۱۰ سال گذشته

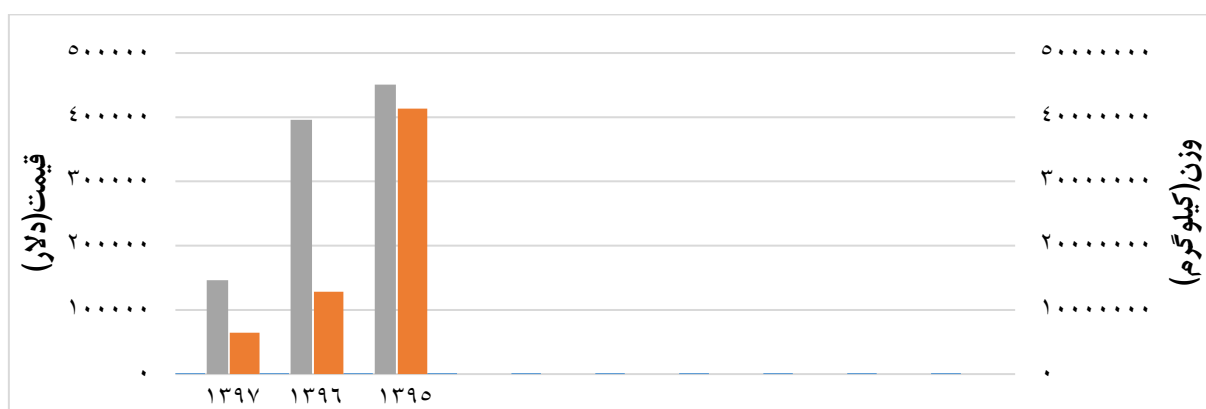


شکل ۱۶-۲: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "مونو کلسیم فسفات" در ۱۰ سال گذشته

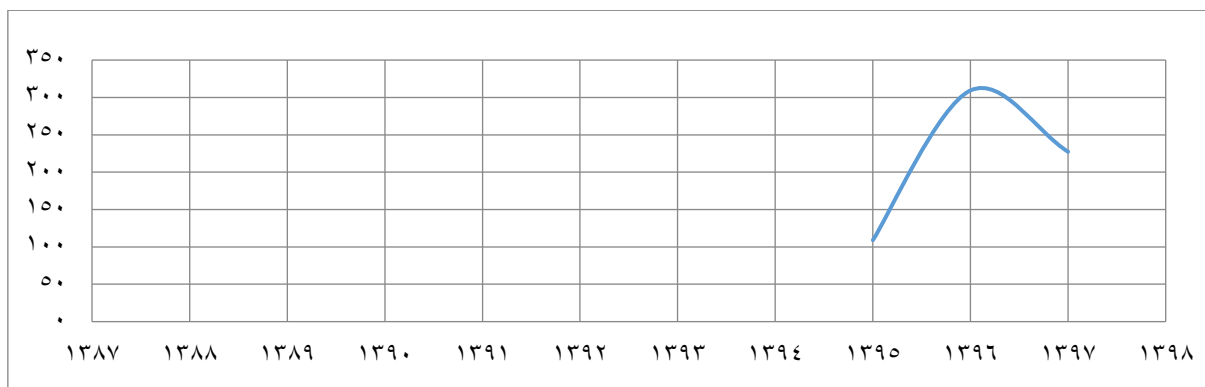
۱۱-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات " سایر هیدروکربورهای حلقوی غیر از سیکلانیها، سیکلنیها یا سیکلوترینیک ها، بنزن،

تولون، اکسلین ها، استیرن، اتیل بنزن، کومن"

بررسی آمار نشان میدهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، طی سالهای ۹۵ تا ۹۷ این مواد وارد کشور شده اند. آمار وزن و ارزش واردات در شکل ۱۷-۲ و تغییرات قیمت واحد هیدروکربورهای حلقوی غیر از سیکلانیها و... در شکل ۱۸-۲ نمایش داده شده است. در نمودار میله ای زیر، ستون سمت چپ نشان دهنده قیمت و ستون سمت راست نشان دهنده وزن است.



شکل ۱۷-۲: نمودار رشد وزنی و قیمتی "سایر هیدروکربورهای حلقوی" در ۱۰ سال گذشته



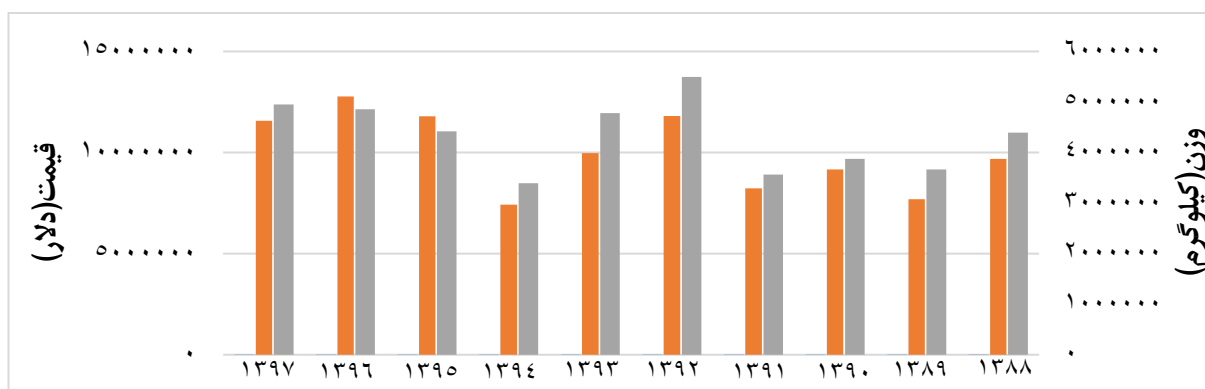
شکل ۱۸-۲: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "سایر هیدروکربورهای حلقوی" در ۱۰ سال گذشته

۱۲-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات والپروات سدیم

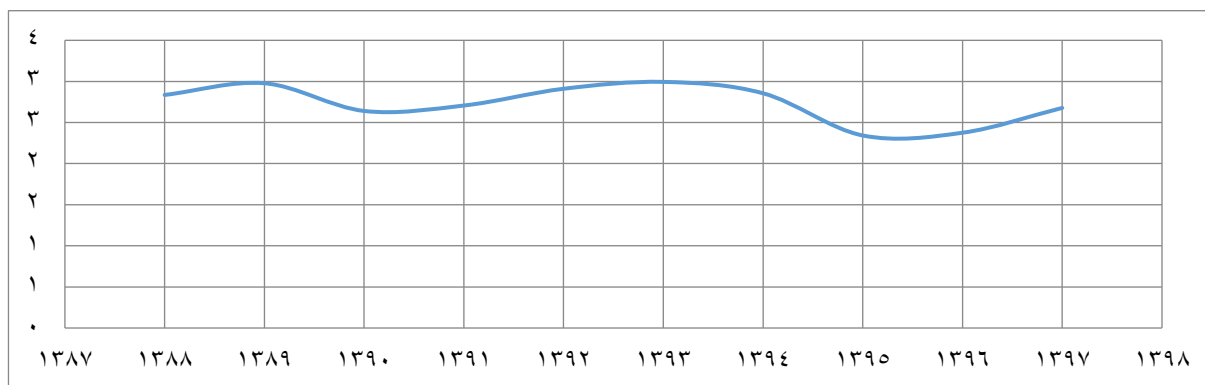
بررسی آمار نشان میدهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، تنها در سال ۹۷ والپروات سدیم وارد کشور شده است. ارزش کل واردات این ماده ۱۲،۴۷۲،۳۸۱ و وزن کل ماده ۸۶،۶۳۹ کیلوگرم است.

۱۳-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات سیلیسیم دی اکسید

بررسی آمار نشان میدهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، در هر ۱۰ سال سیلیسیم دی اکسید وارد کشور شده است. آمار وزن و ارزش واردات در شکل ۲-۱۹ و تغییرات قیمت واحد سیلیسیم دی اکسید در شکل ۲-۲۰ نمایش داده شده است. در نمودار میله ای زیر، ستون سمت چپ نشان دهنده وزن و ستون سمت راست نشان دهنده قیمت است.



شکل ۱۹-۲: نمودار رشد وزنی و قیمتی "سیلیسیم دی اکسید" در ۱۰ سال گذشته



شکل ۲۰-۲: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "دی اکسید سیلیسیم" در ۱۰ سال گذشته

۱۴-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات کولین کلراید

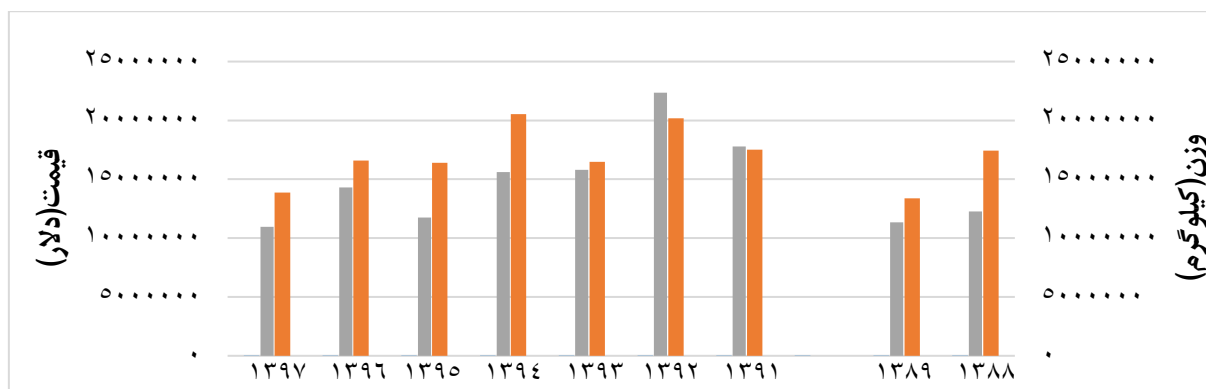
بررسی آمار نشان میدهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، تنها در سال ۹۷ کولین کلراید وارد کشور شده است. ارزش کل واردات این ماده ۱۱۷۱۰،۴۸۵ دلار و وزن کل این ماده ۹،۹۶۸،۱۷۵ بوده است. همچنین در سال ۹۷ قیمت واحد کولین کلراید ۱۱۷۴،۷ دلار است.

۱۵-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات اسید سیتریک

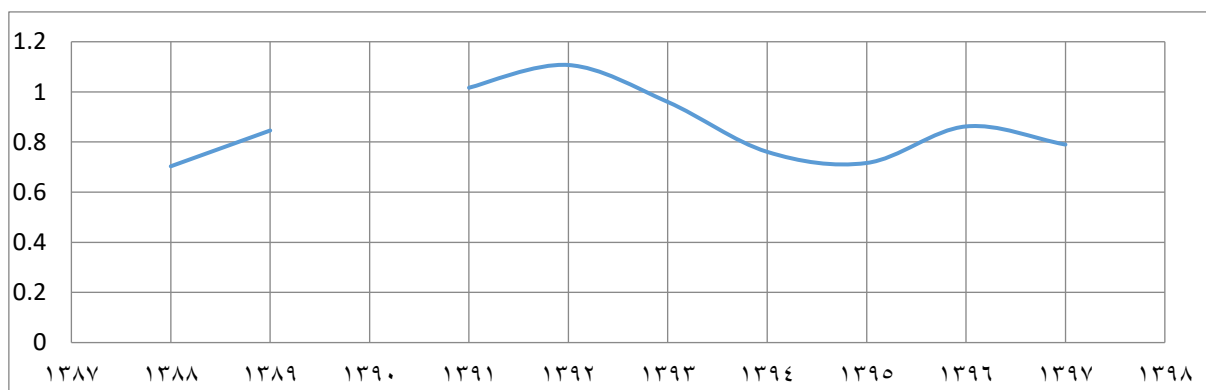
بررسی آمار نشان میدهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، در هر ۱۰ سال بغیر از سال ۹۰، سیتریک اسید وارد کشور شده است. آمار وزن و ارزش واردات در شکل ۲-۲۱ و تغییرات قیمت واحد سیتریک در شکل ۲-۲۲ نمایش داده شده است. در نمودار میله ای زیر، ستون سمت چپ نشان دهنده قیمت و ستون سمت راست نشان دهنده وزن است.

۱۶-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات کربنات ها، پراکسو کربنات ها و کربنات امونیوم

بررسی آمار نشان میدهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، کربنات ها، پراکسو کربنات ها و کربنات امونیوم در سالهای ۹۶ و ۹۷ وارد کشور شده است. آمار وزن و ارزش واردات در شکل ۲-۲۳ و تغییرات قیمت واحد در شکل ۲-۲۴ نمایش داده شده است. در نمودار میله ای زیر، ستون سمت چپ نشان دهنده قیمت و ستون سمت راست نشان دهنده وزن است.



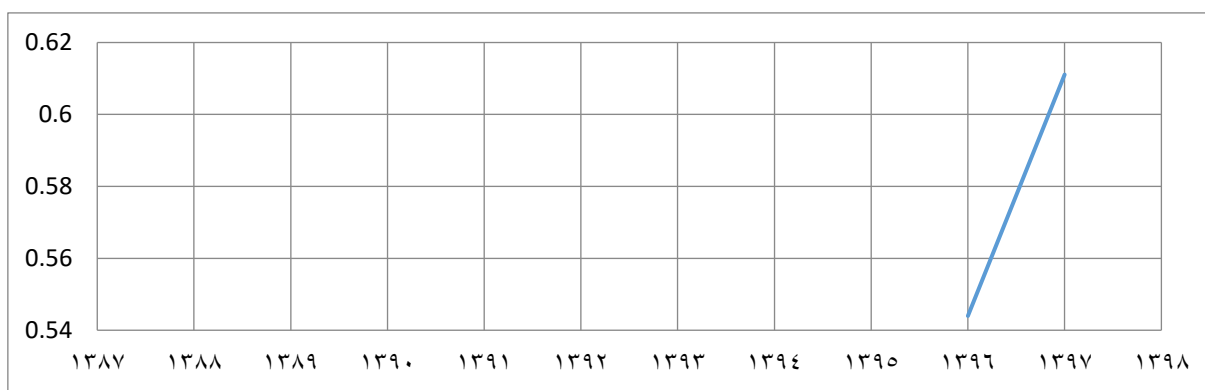
شکل ۲-۲۱: نمودار رشد وزنی و قیمتی "سیتریک اسید" در ۱۰ سال گذشته



شکل ۲-۲۲: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "سیتریک اسید" در ۱۰ سال گذشته



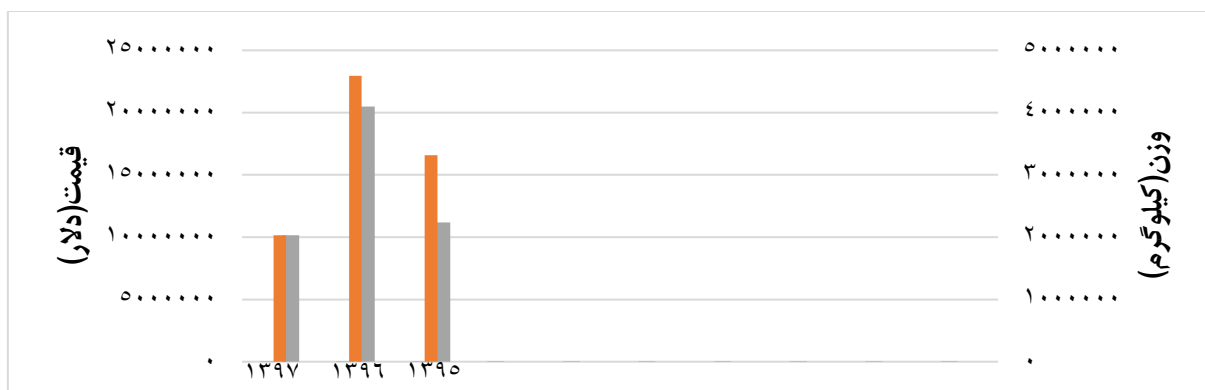
شکل ۲-۲۳: نمودار رشد وزنی و قیمتی "کربنات ها، پراکسو کربنات ها، کربنات آمونیوم" در ۱۰ سال گذشته



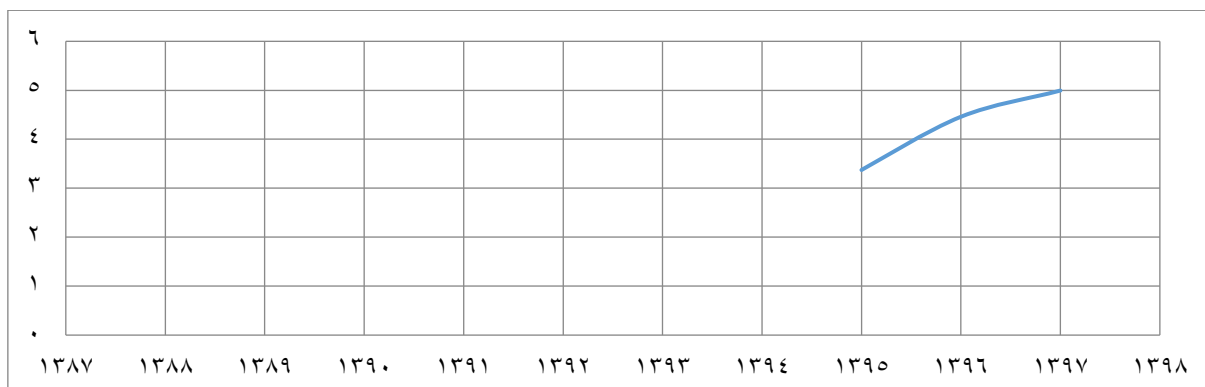
شکل ۲-۲۴: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) "کربنات ها، پراکسو کربنات و کربنات آمونیوم" در ۱۰ سال گذشته

۱۷-۲-۳: آمار ۱۰ ساله واردات مشتقات فلوئورینه و برومینه

بررسی آمار نشان میدهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، مشتقات فلوئورینه و برومینه در سالهای ۹۵ و ۹۶ و ۹۷ وارد کشور شده است. آمار وزن و ارزش واردات در شکل ۲-۲۵ و تغییرات قیمت واحد در شکل ۲-۲۶ نمایش داده شده است. در نمودار میله ای زیر، ستون سمت چپ نشان دهنده وزن و ستون سمت راست نشان دهنده قیمت است.



شکل ۲-۲۵: نمودار رشد وزنی و قیمتی مشتقات فلوئورینه و برومینه در ۱۰ سال گذشته



شکل ۲۶-۲: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) مشتقات برومینه و فلوئورینه در ۱۰ سال گذشته

۱۸-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات اسید ترفتالیک و املاح آن

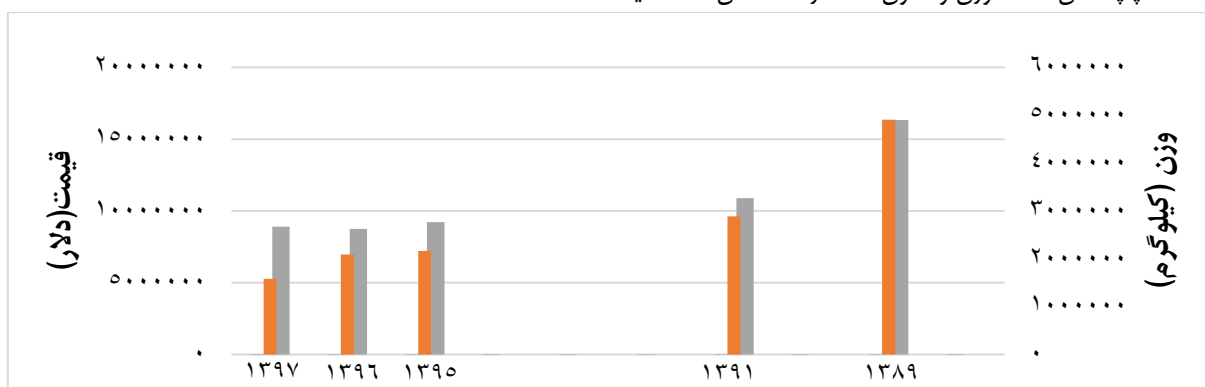
بررسی آمار نشان میدهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، تنها در سال ۹۷ اسید ترفتالیک وارد کشور شده است. ارزش کل واردات این ماده ۹,۱۸۳,۵۶۲ و وزن کل ماده ۴,۴۶۲,۶۲۴ کیلوگرم است. همچنین در سال ۹۷ قیمت واحد این ماده ۲۰۵۷ دلار است.

۱۹-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات کربنات دی سدیم

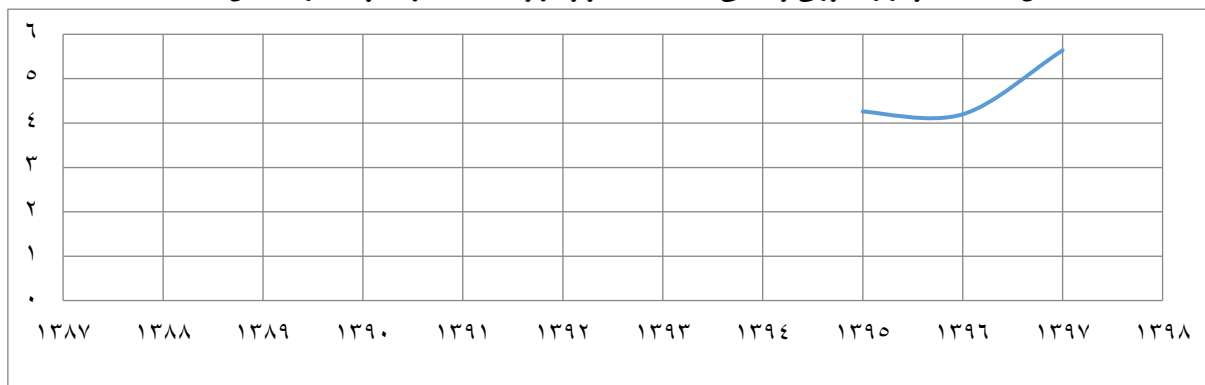
بررسی آمار نشان میدهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، تنها در سال ۹۷ کربنات دی سدیم وارد کشور شده است. ارزش کل واردات این ماده ۹,۱۵۸,۰۱۳ و وزن کل این ماده ۲۷,۰۱۳,۸۸۲ است. همچنین در سال ۹۷ قیمت واحد این ماده ۳۳۹ دلار است.

۲۰-۳-۲: آمار ۱۰ ساله واردات اسیدهای مونو کربوکسیلیک غیر حلقوی

بررسی آمار نشان میدهد که از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، در سالهای ۸۹، ۹۱، ۹۵، ۹۶ و ۹۷ اسیدهای مونو کربوکسیلیک غیر حلقوی، وارد کشور شده است. آمار وزن و ارزش واردات در شکل ۲۸-۲ و در شکل ۲۹-۲ نمودار تغییرات قیمت واحد برای این ماده رسم شده است. در نمودار میله ای زیر، ستون سمت چپ نشان دهنده وزن و ستون سمت راست نشان دهنده قیمت است.



شکل ۲۷-۲: نمودار رشد وزنی و قیمتی "اسیدهای مونو کربوکسیلیک غیر حلقوی" در ۱۰ سال گذشته



شکل ۲۸-۲: نمودار تغییرات قیمت واحد (دلار/کیلوگرم) اسیدهای مونو کربوکسیلیک غیر حلقوی در ۱۰ سال گذشته

۲-۴: انتخاب مواد شیمیایی برای تحلیل فنی و اقتصادی

در جداول ۲-۱۲ سه ماده ی اول که از نظر وزن و قیمت در سال ۹۷ بیشترین مقدار را دارا هستند ذکر شده است و روند رشد آنها در چند سال اخیر (سال ۸۸ تا ۹۷) مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد انتخابی در سال ۹۷ به لحاظ رتبه وزنی و ارزشی در دو جدول ۲-۱۲ و ۲-۱۳ نشان داده شده است. این مواد تنها به جهت داشتن بالاترین رتبه وزنی و قیمتی شناسایی شدند. توضیح کامل تر از این مواد در زیر این دو جدول آمده است. در جدول ۲-۱۳ مواد انتخابی به لحاظ رتبه ارزشی در سال ۹۷ آمده است. دو جدول ۲-۱۴ و ۲-۱۵ مواد را نشان می دهد که در طول ۱۰ سال در تمام سالها وارد ایران شدند و روند رشد کلی آنها صعودی بوده است، که تحلیل کامل تر آنها در زیر جدول ۲-۱۶ آمده است. لذا در جدول ۲-۱۶ تمام این مواد به صورت کلی برای مقایسه راحت تر کنار هم آمده اند.

جدول ۲-۱۱: مواد انتخابی به لحاظ رتبه ارزشی در سال ۹۷

نام ماده	رتبه وزنی	وزن کل واردات (کیلوگرم)	رتبه ارزشی	ارزش واردات (دلار) سال ۱۳۹۷	قیمت واحد (دلار) سال ۹۷
بنزن	۲	۷۰,۶۴۸,۲۱۱	۱	۶۶,۹۱۹,۷۶۹	۹۴۷,۲
فسفات دی آمونیاک	۱	۸۲,۸۵۰,۰۰۰	۲	۴۱,۳۵۴,۰۳۷	۴۹۹,۱
اسید پالمتیک، اسیداستتاریک و املاح و استرها	۹	۱۸,۲۳۷,۰۲۹	۳	۲۵,۲۳۵,۴۷۰	۱۳۸۳,۷

جدول ۲-۱۱: مواد انتخابی به لحاظ رتبه ارزشی در سال ۹۷

نام ماده	رتبه وزنی	وزن کل واردات (کیلوگرم)	رتبه قیمتی	ارزش واردات (دلار) سال ۱۳۹۷	قیمت واحد سال ۹۷
فسفات دی آمونیاک	۱	۸۲,۸۵۰,۰۰۰	۲	۴۱,۳۵۴,۰۳۷	۴۹۹,۱
بنزن	۲	۷۰,۶۴۸,۲۱۱	۱	۶۶,۹۱۹,۷۶۹	۹۴۷,۲
مونو کلسیم فسفات	۳	۲۷,۷۵۶,۲۵۰	۱۰	۱۵,۸۹۶,۹۰۴	۵۷۲,۷

با توجه به شکل ۲-۱، ماده بنزن تنها در سال ۹۷ و ۹۶ جز مواد وارداتی ایران بوده است. می توان دید که فسفات دی آمونیاک تنها در سال ۹۷ جز مواد وارداتی بوده است. در شکل ۲-۴ مشاهده شد، اسید استتاریک و اسید پالمتیک و استرها ی آن در ۱۰ سال گذشته جزء مواد وارداتی به لحاظ وزنی و قیمتی بوده اند. مونو کلسیم فسفات نیز در شکل ۱۰ نشان داده شده که از سال ۹۴ تا ۹۷ جز مواد وارداتی بوده است. بنزن جز اولین مواد وارداتی به لحاظ وزنی و قیمتی در سال ۹۷ و ۹۶ بوده است. این ماده تنها در این دو سال جزء ۲۰ ماده اول وارداتی بوده که طی همین سالها نیز روند رشد قیمتی و وزنی آن صعودی بوده است. فسفات دی آمونیاک تنها در سال ۹۷ جزء ۲۰ ماده اول وارداتی بوده و به لحاظ قیمتی و وزنی با بنزن تقریباً در یک سطح قرار گرفته است. مونو کلسیم فسفات از سال ۹۴ تا ۹۷ جزء ۲۰ ماده وارداتی بوده است. با توجه به نمودار مربوطه، این ماده طی سالهای ۹۴ و ۹۵ به لحاظ وزنی و قیمتی روندی صعودی داشته، همینطور در سال ۹۶ این روند صعودی بصورت چشمگیر تری بوده است و در سال ۹۷ تا حد کمی از این روند رشد کاسته شده است. در یک نگاه کلی اما میتوان گفت این ماده در این ۴ سال به لحاظ وزنی و قیمتی روندی صعودی داشته است.

جدول ۲-۱۲: انتخاب پنج ماده وارداتی براساس نمودارهای واردات شیمیایی

نام ماده	رتبه وزنی	رتبه قیمتی	قیمت (دلار) سال ۹۷	قیمت واحد (دلار) سال ۹۷
گلیسرین	۸	۵	۲۰,۰۲۵,۶۰۹	۱,۰۵۶
پروپیلن گلیکول	۱۴	۷	۱۶,۸۱۲,۱۴۱	۱,۶۸۳
سیلیسیم دی اکسید	۲۰	۱۳	۱۲,۳۸۳,۹۰۳	۱,۲۸۶
استرهای اسید اکریلیک	۱۳	۶	۱۹,۰۵۶,۰۱۴	۱,۷۵۶
اسید پالمتیک، اسید استتاریک و املاح و استرهای آن	۹	۳	۲۵,۲۳۵,۴۷۰	۱,۳۸۳

جدول ۲-۱۳: آمار مواد شیمیایی انتخابی

نام ماده	رتبه وزنی	وزن کل واردات سال ۹۷ (کیلوگرم)	رتبه قیمتی	قیمت (دلار) سال ۹۷	قیمت واحد (دلار) سال ۹۷
گلیسرین	۸	۱۸,۹۵۶,۱۴۰	۵	۲۰,۰۲۵,۶۰۹	۱,۰۵۶

۱۶۸۳	۱۶,۸۱۲,۱۴۱	۷	۹,۹۹۸,۴۱۰	۱۴	پروپیلن گلیکول
۱,۲۸۶	۱۲,۳۸۳,۹۰۳	۱۳	۴,۶۲۵,۲۶۶	۲۰	سیلسیم دی اکسید
۱,۷۵۶	۱۹,۰۵۶,۰۱۴	۶	۱۰,۸۴۷,۶۲۲	۱۳	استرهای اسید اکریلیک
۱,۳۸۳	۲۵,۲۳۵,۴۷۰	۳	۱۸,۲۳۷,۰۲۹	۹	اسید پالمیتیک، اسید استئاریک و املاح و استرهای آن
۹۴۷,۲	۶۶,۹۱۹,۷۶۹	۱	۷۰,۶۴۸,۲۱۱	۲	بنزن
۴۹۹,۱	۴۱,۳۵۴,۰۳۷	۲	۸۲,۸۵۰,۰۰۰	۱	فسفات دی آمونیاک
۵۷۲,۷	۱۵,۸۹۶,۹۰۴	۱۰	۲۷,۷۵۶,۲۵۰	۳	مونو کلسیم فسفات

جدول ۱۴-۲: مقایسه مواد انتخابی به لحاظ آمار وزنی و قیمتی

نام ماده	کدام مواد هر ساله وارد ایران شدند	کدام موادی میانگین قیمت بالاتری دارند	کدام مواد در نمودارهای واردات به لحاظ قیمت، روند صعودی دارند
گلیسرین	×		×
پروپیلن گلایکول	×		×
سیلسیم دی اکسید	×		×
اکریلیک اسید	×		×
استئاریک و پالمیتیک اسید	×		×
بنزن		×	
فسفات دی آمونیاک		×	
مونو کلسیم فسفات		×	

با بررسی نمودارهای واردات مواد شیمیایی و جدول ۱۶-۲ این نتیجه گرفته شد ۵ ماده ی انتخابی وارداتی به شرح زیر می باشد:

استرهای اسید اکریلیک

سیلسیم دی اکسید

گلیسرین

اسید پالمیتیک، اسید استئاریک

پروپیلن گلایکول

با توجه به نمودارهای وارداتی، این مواد در ۱۰ سال گذشته جزء مواد وارداتی بوده اند و روند رشد وزنی و قیمتی آنها طی این سال ها بصورت صعودی بوده است.

گلیسرین طی ۱۰ سال گذشته جزء مواد شیمیایی پر فروش بوده است و رتبه ی پنجم قیمتی را بین ۲۰ ماده ی وارداتی دارد. همچنین هر ساله تقریباً به مقدار زیادی به ایران وارد شده است. این ماده در سال ۹۷ به مقدار بسیار بالاتری نسبت به سال های گذشته وارد ایران شده است. روند رشد وزنی و قیمتی این ماده طی ۱۰ سال گذشته در یک نمای کلی بصورت صعودی بوده است.

اسید پالمیتیک، اسید استئاریک و املاح و استرهای آن جزء مواد وارداتی ایران طی ۱۰ سال گذشته بوده اند. با توجه به نمودار رشد ماده طی سالیان گذشته می توان گفت در سالهای ۸۸ تا ۹۱ روند رشد تقریباً یکسانی داشته است. در سالهای ۹۲ تا ۹۵ نسبت به سال های گذشته رشد بیشتری داشته اما روند رشد به لحاظ قیمتی نزولی است. در همین سالها روند رشد وزنی طی سال های ۹۲ تا ۹۴ صعودی اما در سال ۹۵ مجدداً نزولی بوده است. در سالهای ۹۶ و ۹۷ رشد وزنی و قیمتی نسبت به سالیان گذشته بیشتر بوده اما طی همین ۲ سال روندی نزولی مشاهده شد. از این رو در یک توضیح کلی روند رشد این ماده به لحاظ وزنی و قیمتی صعودی بوده است.

پروپیلن گلیکول با توجه به شکل شماره ۱، جز مواد پر فروش و پر مصرف طی ۱۰ سال گذشته بوده است. بین ۲۰ ماده ی وارداتی شیمیایی طی سالیان گذشته پروپیلن گلیکول به طور تقریبی بین ۱۰ ماده اول از نظر قیمتی قرار گرفته است. بر اساس نمودار مربوطه می توان گفت این ماده طی سالیان ۹۰ تا ۹۴ روندی نزولی نسبت به سالیان قبل خود داشته است. از سال ۹۵ تا ۹۷ روند رشد وزنی و قیمتی پروپیلن گلیکول نسبت به سالهای قبل خود بصورت صعودی بوده است. از این رو در یک توضیح کلی روند رشد این ماده به لحاظ وزنی و قیمتی صعودی بوده است.

سیلسیم دی اکسید در طی ۱۰ سال گذشته جزء مواد شیمیایی وارداتی بوده است. با توجه به نمودار مربوطه، این ماده بین سال های ۸۸ تا ۹۱، نسبت به سال های ۹۲ و ۹۳ رشد کمتری داشته است. در ۳ سال گذشته، یعنی سالهای ۹۵ تا ۹۷ رشد این ماده نسبت به سالهای گذشته قابل مشاهده است. در یک نمای کلی می توان گفت روند رشد سیلسیم دی اکسید نسبت به سالهای قبل خود همواره صعودی بوده است.

استرهای اسید اکریلیک در ۱۰ سال گذشته جزء مواد شیمیایی پر مصرف وارداتی بوده است. به طور تقریبی همانند سیلسیم دی اکسید در سالهای ۸۸ تا ۹۱ نسبت به سالهای بعد خود رشد کمتری داشته است. اما مجدد بین سالهای ۹۵ تا ۹۷ روند رشد قابل ملاحظه ای داشته است. از این رو این ماده نیز در کل روند رشد صعودی داشته است. البته سیلسیم دی اکسید با ۴ ماده انتخابی دیگر بسیار تفاوت دارد و در مواد تولیدی واحد چند منظوره جایی ندارد.

بر اساس این ارزیابی، پنج ماده انتخابی طی ۱۰ سال گذشته مشخص شد. همانطور که گفته شد این مواد در یک نمای کلی طی سالیان گذشته روند رشد صعودی داشتند. در بخش بعد از این تحقیق به آشنایی و روش تولید این مواد پرداخته می شود.

فصل سوم

روش تولید مواد شیمیایی

در فصل قبل بر اساس میزان واردات مواد شیمیایی به کشور، پنج ماده شیمیایی گلیسرین، پروپیلن گلیکول، استتاریک اسید، پالمیتیک اسید و اکریلیک اسید به عنوان مواد شیمیایی منتخب در نظر گرفته شدند. در این فصل فرآیندهای تجاری تولید این مواد به اختصار مورد بررسی قرار میگیرد تا اطلاعات مورد نیاز فرایند ها برای پیشنهاد احداث واحد چند منظوره بدست آیند.

۳-۱: گلیسرین

گلیسرین (glycerin) نشانگر محصولات شیمیایی تجاری با انواع مختلف و درجه خلوص متفاوتی است که با نام گلیسرول (glycerol) معروف هستند و دارای فرمول $C_3H_8O_3$ بوده و به عنوان ۱ و ۲ و ۳ پروپان تری ال نیز نامیده شوند. گلیسرین در صنایع مختلف کاربردهای متنوعی دارد و یکی از مواد شیمیایی مهم وارداتی کشور محسوب می شود (6).

۳-۱-۱: خواص فیزیکی و شیمیایی

گلیسرول یا گلیسرین یک مایع بدون رنگ، بدون بو و چسبناک است با طعم شیرین و عمدتاً غیر سمی است. این ماده در صنایع غذایی به عنوان شیرین کننده و مرطوب کننده در فرمولاسیون دارویی و آرایشی بهداشتی بسیار مورد استفاده قرار می گیرد. گلیسرول یکی از اجزای مهم تری گلیسیریدها (چربی ها و روغن ها) و فسفولیپیدها است. داشتن پیوند هیدروژنی باعث حلالیت گلیسرین در آب و اتانول می شود. این ماده جاذب رطوبت است و در اکثر حلال های آلی مانند اتر کلروفرم، بنزن و استون حل نمی شود. (7)

گلیسرین از دسته پلی هیدروکسی الکلی ها است و ساختمان آن مانند هر الکلی دیگری ترکیبی از یک الکان و آب است. این ماده دارای سه گروه عاملی هیدروکسیل (OH) است که توانایی ایجاد پیوند های هیدروژنی خارج مولکولی متعددی را فراهم می آورد توجه کننده نقطه جوش بسیار بالای این ترکیب است. وزن مولکولی این ترکیب به نسبت نقطه جوش آن کم است. (7) همچنین این ترکیب به هرنستی در آب حل می شود که توجه این مسئله را می توان قدرت بالای پیوند هیدروژنی بین گلیسرین و آب دانست. برخی از خواص شیمیایی این ماده در جدول ۳-۱۷ نمایش داده شده است.

جدول ۳-۱۵: خواص شیمیایی گلیسرین

فرمول شیمیایی	ساختمان	جرم مولی	دانسیته	نقطه ذوب	نقطه جوش
$C_3H_8O_3$		92.094 g/mol	1.261 g/cm ³	18 °C	290 °C

۳-۱-۲: بررسی اجمالی تکنولوژی و روش های تولید گلیسرین

در این بخش مهمترین فرآیندهای تجاری که برای تولید گلیسرین استفاده میشوند به اجمال بررسی میشوند.

۳-۱-۳: تولید گلیسرین بوسیله تبادل استری بین روغن و چربی و الکلی در حضور کاتالیست جامد

روش فعلی بر مبنای اختراع US8609905 توسط آقای دانجو هیروشی و متعلق به شرکت Wakayama ژاپن است. این اختراع جدید و به روز بوده و برای تحقیق فعلی بسیار مفید است با این حال بنا به دلایلی که مطمئناً مسایل اقتصادی یکی از مهمترین آنهاست، اطلاعات بیشتری نسبت به متن اصلی اختراع در سایتهای اینترنتی و منابع عمومی در دست نیست.

روش این اختراع برای تولید گلیسرین شامل ترکیب روغن و چربی با الکلی و واکنش در حضور یک کاتالیزور جامد است. در واقع این فرآیند یک تبادل استری بین روغن و چربی و الکلی در حضور کاتالیست جامد با هدف تولید گلیسرین مایع خام است که در ادامه با تصفیه گلیسرین خام به روش جذب با رزین تبادل یونی تکمیل میگردد. سابقاً نیز روش هایی برای تولید گلیسرین ابداع شده بودند که تقریباً در تمامی آنها از تقطیر و فیلتراسیون استفاده شده و همگی محصول با کیفیت نسبتاً بالا اما بازده پایین به دست می دهند و اغلب این متدها به لحاظ اقتصادی بصره نیستند. اما روش ادعا شده در

این اختراع قادر به تولید گلیسرین با کیفیت بالا و داشتن سطح پایین رنگ (APHA)¹ بدون نیاز به روش‌هایی از قبیل تقطیر و تصفیه است که منجر به کاهش عملکرد و افزایش هزینه‌های انرژی می‌شود. سطح زردی مایع برای گلیسرین در مقیاس صنعتی ۲۵ یا کمتر اندازه‌گیری می‌شود. (8)

نمونه‌هایی از روغن و چربی برای این فرآیند عبارت‌اند از روغن‌های گیاهی مانند روغن نارگیل، پالم، هسته خرما، سویا، کلزا، دانه آفتابگردان، پنبه دانه، بادام زمینی، جلبک دریایی و چربی‌های حیوانی از جمله روغن ماهی. برای فرایند استری، از الکل‌هایی با تعداد اتم کربن ۱ تا ۵ (متانول، اتانول، پروپانول و بوتانول) استفاده می‌شود. (8) این الکل‌ها در دسته الکل‌های ضعیف قرار می‌گیرند. از نظر صنعتی، متانول از باقی الکل‌ها به لحاظ اقتصادی و سهولت در انجام فرایند، مناسب‌تر است. همچنین این محصول در ایران به وفور تولید شده و دسترسی به آن بسیار ساده است. اختراع حاضر می‌تواند از هرگونه کاتالیزور اسیدی جامد بدون محدودیت خاص استفاده کند. نمونه‌های متنوع این کاتالیزورها عبارتند از اسیدهای نیویک، سیلیکا آلومینا، سیلیکا تیتانیا، فسفات آلومینیوم، کاتالیزورهای اورتوفسفات آلومینیوم، فسفات‌های آهن، سولفات آلومینیوم، سولفات یون زیرکونیم، تیتانیا یونی سولفات، پنتا فلوراید، کاتولن، مونت موریلونیت، رزین‌های فلوروسولفون، زئولیت‌های مصنوعی و رزین‌های تبادل کاتیون. در این بین، کاتالیزورهای اورتوفسفات آلومینیوم به علت مزایایی که نسبت به بقیه دارند، بیشتر و بهتر می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. این دسته از کاتالیست‌ها دارای مقدار اسید کمتری بوده و نسبت به گلیسرین انتخاب بالایی دارند. نمونه‌هایی از کاتالیزور اورتوفسفات آلومینیوم عبارتند از کاتالیزور کامپوزیت فسفات اسید / آلومین فسفونیک آلکیل / فسفات آلومینیوم. این مواد با وارد کردن گروه آلکیل به کاتالیزور فسفات آلومینیوم تولید می‌شوند. (9)

این واکنش می‌تواند در راکتور بستر ثابت یا پیوسته انجام شود. در این فرایند راکتور بستر ثابت ترجیح داده می‌شود زیرا نیازی به جداسازی کاتالیزور ندارد. هنگامی که واکنش در یک راکتور مخزنی انجام می‌شود، برای دستیابی به فعالیت کافی واکنش و در یک مدت زمان کوتاه مقدار ۵ درصد کاتالیست جامد در روغن و چربی نیاز است. واکنش معمولاً تحت فشار پایین محیط انجام می‌شود. الکل مورد استفاده می‌تواند در دمای پایین‌تر از دمای جوش آن در فشار محیط تبخیر شود و واکنش می‌تواند در یک سیستم گاز (الکل) با مایع (چربی و روغن) - جامد (کاتالیزور) پیش برود. در این فشار، از تبخیر الکل در دمای بالاتر از نقطه جوش در محیط جلوگیری می‌شود. بنابراین این واکنش در سیستم مایع (الکل) - مایعات (چربی و روغن) - جامد (کاتالیزور) ادامه خواهد یافت. (9)

برای دستیابی به فعالیت کافی کاتالیزور برای افزایش سرعت واکنش و کاهش حجم راکتور مورد نیاز و برای دستیابی به عملکرد واکنش مطلوب و برای انجام واکنش اقتصادی، دمای واکنش بهتر است بالای ۶۰-۵۰ °C و ترجیحاً ۱۳۰-۸۰ °C باشد. فشار واکنش از ۰٫۱ تا ۱۰ مگاپاسکال و ترجیحاً ۲ تا ۶ مگاپاسکال است. در یک سیستم واکنش مایع جامد-مایع، دمای واکنش و فشار واکنش بر اساس فشار بخاری است که الکل در شروع واکنش دارد. در اختراع حاضر، مایع فرآورده گلیسرول از فرایند استری در حضور کاتالیزور جامد تهیه شده است. همانطور که در بالا توضیح داده شد، و گلیسرین خام توسط جذب با رزین تبادل یونی تصفیه می‌گردد. (9)

نمونه‌هایی از رزین تبادل یونی شامل رزین‌های تبادل کاتیون، رزین تبادل آنیون و رزین‌های مخلوط آن است. رزین‌های تبادل آنیون ترجیحی دارند. نمونه‌های خاص رزین تبادل کاتیون شامل DOULITE C-20 (Rohm and Haas Company) و Diaion PK216 (Mitsubishi Chemical Corporation) است. نمونه‌های خاص رزین تبادل آنیون شامل DOULITE A113 (Rohm and Haas Company) و Diaion WK40 (Mitsubishi Chemical Corporation) است. در بین رزین‌های تبدالی آنیونی، ترجیح این اختراع رزین‌های متخلخل و پر متخلخل است (رزینی تخلخل بالایی دارد که از منافذ متخلخل کوچک تشکیل می‌شود). نمونه‌های خاص رزین آنیون متخلخل شامل PA306S، PA308 (Mitsubishi Chemical Corporation) و Monoplus MP64 (LEWATIT) است. (9)

نمونه‌های خاص رزین آنیون متخلخل HPA25 (Mitsubishi Chemical Corporation) است. مساحت سطح رزین مبادله آنیون بر روی یک محصول خشک به روش BET² اندازه‌گیری می‌شود (ترجیحاً ۵ متر مربع در گرم یا بیشتر، ترجیحاً ۱۰ مترمربع در گرم یا بیشتر و حتی ترجیحاً ۲۰ متر مربع در گرم یا بیشتر است. حجم منافذ رزین تبادل آنیونی (که بر روی یک محصول خشک با تخلخل جیوه اندازه‌گیری می‌شود) ترجیحاً ۰٫۱-۰٫۳ میلی لیتر بر گرم یا بیشتر، ترجیحاً ۰٫۳-۰٫۵ میلی لیتر بر گرم یا بیشتر و حتی ترجیحاً ۰٫۵-۱ میلی لیتر در گرم یا بیشتر باشد. همانطور که در اینجا استفاده شد، "محصول خشک" رزین تبادل آنیونی با خشک کردن ۲۴ ساعت در ۲۰ درجه سانتیگراد (زیر ۱٫۳۳ کیلو پاسکال مطلق یا کمتر) تهیه می‌شود تا به اندازه کافی رطوبت را از بین ببرد. (8)

جذب با رزین تبادل یونی را می‌توان با تماس با مایع محصول گلیسرین با رزین تبادل یونی انجام داد، به عنوان مثال، با جریان دادن مایع محصول گلیسرول از طریق ستونی پر از رزین تبادل یونی انجام می‌شود. در این حالت، یک سرعت فضای مایع ساعتی (LHSV) ترجیحاً ۳۰ ساعت یا کمتر،

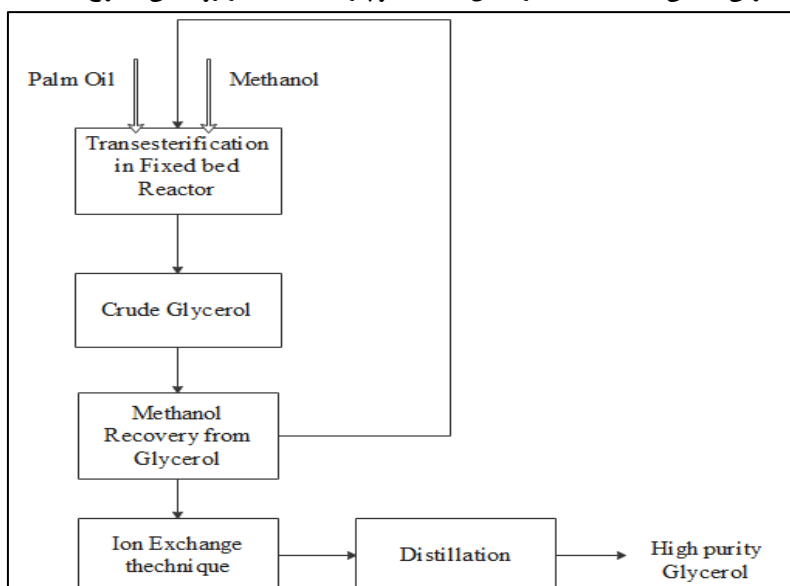
¹ The APHA color measurement method measures the yellow hue in liquids in comparison to a platinum cobalt reference solution

² Brunauer-Emmett-Teller (BET) theory aims to explain the physical adsorption of gas molecules on a solid surface and serves as the basis for an important analysis technique for the measurement of the specific surface area of materials. (104)

ترجیحا ۲۰ ساعت یا کمتر و حتی ترجیحا ۱۰ ساعت یا کمتر باشد. مقدار مایع محصول گلیسرین که در هر میلی لیتر رزین تبادل یونی جریان دارد (مایع که چندین برابر عبور می کند) ترجیحا ۱۰۰ میلی لیتر-گلیسرین / میلی لیتر-رزین یا کمتر، یا ترجیحا ۵۰ میلی لیتر-گلیسرین / میلی لیتر رزین یا کمتر میتواند باشد.

در اختراع حاضر، برای کاهش محتوای مواد جذب کننده اشعه ماوراء بنفش، مایع محصول گلیسرین ممکن است قبل از جذب با رزین تبدلی یونی تحت اثر جذب با یک جاذب تحت شرایط قلیایی قرار گیرد. به عنوان مثال، یک فرآیند دسته ای از افزودن جاذب به مایع محصول گلیسرین و مخلوط کردن یا یک روند مداوم از عبور مایعات محصول گلیسرین از طریق یک ستون پر از جاذب می توان استفاده کرد.

تبادل استری بین روغن های صنعتی و متانول در یک راکتور بستر ثابت (با دمای واکنش ۱۸۰ درجه سانتی گراد، فشار واکنش ۴ مگا پاسکال، LHSV: ۰.۴۲، نسبت مولی اتانول/روغن صنعتی ۱۰) انجام می شود. برای به دست آوردن مایع فرآورده گلیسرین، مایع محصول گلیسرین خام با آب تبادل یونی رقیق شد تا مایع محصول گلیسرین با غلظت گلیسرین ۵۰٪ وزن بدست آید. سپس ۱۰۰۰ میلی لیتر از مایع محصول گلیسرین از طریق یک ستون رزین تبادل آنیونی عبور داده شد (LHSV = 5.3). قبل از عبور از مایع محصول گلیسرین، ستون رزین تبادل یونی با مقدار مشخصی از محلول آبی در گردش ۶٪ هیدروکسید سدیم تصفیه می شود و برای بازسازی رزین با آب کافی شسته شد. در نهایت آب با استفاده از تقطیر از مایع محصول گلیسرین خارج شد تا یک گلیسرین خالص به دست آید. در شکل ۲۹-۳ فلوچارت ساده ای از روند این اختراع دیده میشود.



شکل ۲۹-۳: تولید گلیسرین از واکنش چربی و متانول

۳-۱-۴: تولید گلیسرین به وسیله هیدرولیز چربی (Tallow)

این اختراع به روش زیر به تولید گلیسرین می پردازد:

فرآیند تولید گلیسرین از مراحل زیر تشکیل شده است: (۱) تماس چربی با آب در دما و فشار کافی برای تولید چربی هیدرولیز و یک جریان آب شیرین از آب، چربی و گلیسرین (۲) ورود جریان آب شیرین به یک منطقه دمای عمودی ثابت و گرم کردن جریان آب شیرین با دمای حداقل ۲۰۰ درجه سانتیگراد (۳) اجازه دادن به اینکه جریان آب شیرین از مرحله (۲) به یک لایه بالا متشکل از چربی و یک لایه زیرین متشکل از گلیسرین و آب جدا شود و در ضمن درجه حرارت دو لایه حداقل در حدود ۲۰۰ درجه سانتیگراد حفظ گردد. برای یک دوره زمانی کافی prions^3 ها بی اثر می گردند. (۴) جدا کردن گلیسرین از آب. (10)

مقدمه روش تولید:

Tallow، همان چربی حیوانات مانند گاو و گوسفند است، یک ماده اولیه اولیه برای تولید اسیدهای چرب و گلیسرین است. از راکتور هیدرولیز، در صنعت اسید چرب به عنوان "تقسیم کننده" شناخته می شود، برای هیدرولیز کردن چربی در اسیدهای چرب و گلیسرین استفاده می شود. این راکتورها در شرایط مقرراتی برای تولید اسیدهای چرب کار می کنند. تبدیل چربی به اسیدهای چرب همزمان با حرکت این ماده از طریق ستون راکتور انجام می شود. اسیدهای چرب از بالای ستون راکتور خارج می شوند. با توجه به طراحی این تقسیم کننده ها، چربی خوراکی که در نزدیکی قسمت زیرین قرار دارد، و آب شیرین (گلیسرین رقیق) را که در قسمت پایین جریان دارد، توسط اسپلیتر خنک می شود. سپس آب شیرین به همراه مقداری چربی و تصفیه نشده از زیر شکاف جدا می شود. (10)

ذرات عفونی کوچک و پروتئینی هستند که با روشهایی که بر اسیدهای نوکلئیک تأثیر می گذارند در مقابل غیرفعال شدن مقاومت می کنند ^۳

^۴BSE انسفالوپاتی‌های اسفنجی شکل دسته‌ای از انسفالوپاتی‌ها هستند که در آنها بافت مغز ابتدا به شکل حفره حفره (اسفنجی شکل) تحلیل می‌رود. برخی محققان بر این باورند که این ذرات پروتئینی عاری از DNA و RNA هستند که به صورت خود تکثیر هستند و یا با تعامل با پروتئین‌های طبیعی، همانند سازی را در سیستم‌های عصبی پستانداران مختلف انجام می‌دهند و در نهایت باعث تشکیل رسوبات و پلاکت‌ها در مغز می‌شوند که منجر به علائم مانند زوال عقل و مرگ می‌شود. (10)

گلیسرین که از چربی ناشی از حیوانات مبتلا به این بیماری تولید می‌شود، می‌تواند با پرویون‌ها آلوده شود. این مشکل بخصوص در اروپا که این بیماری در چند سال گذشته شیوع داشته است، مورد توجه قرار گرفته است. مقامات تنظیم‌کننده بهداشت دولت اروپا شرایطی را تصریح کردند که براساس آن، اعتقاد بر این است که می‌توان prions را به اندازه کافی بی‌اثر کرد تا از شیوع این بیماری جلوگیری شود. این شرایط در دو بخشنامه اتحادیه اروپا تنظیم شده است: بیست و دومین بخشنامه کمیسیون در تاریخ ۵ مارس ۱۹۹۸ و بیست و چهارمین بخشنامه کمیسیون در تاریخ ۲۹ فوریه ۲۰۰۰ که مربوط به محصولات آرایشی است. یکی از روش‌های مورد نظر، نیاز به قرار گرفتن در معرض مواد آلوده مانند گلیسرین تولید شده از تجزیه Prion که شامل چربی، در شرایط دمایی حداقل ۲۰۰ درجه سانتیگراد (۳۹۲ درجه فارنهایت) در حضور فشار مناسب و در حضور آب است. با این تفاسیر، نیاز به فرایندی است که موثق باشد تا بتوان از این دسته از چربی‌ها گلیسرین حاوی Prion غیر فعال تولید کرد. (10)

این فرایند، گلیسرین و آب تولید می‌کند که هر دو حاوی پرویون غیرفعال شده از گلیسرین و آب حاصل از تقسیم چربی به طور بالقوه آلوده به پرویون‌ها هستند و این فرایند از یک عملیات تصفیه حرارتی تشکیل شده است که Prion‌های موجود بین مراحل هیدرولیز چربی و بازیابی و تصفیه گلیسرین در یک کارخانه تولید گلیسرین معمولی را غیرفعال می‌کند. (10)

بر این اساس، یکی از مزایای این فرایند این است که اطمینان می‌دهد که قسمت آب شیرین، که به طور معمول با تبخیر از یک جریان گلیسرین-آب احیا می‌شود، برای استفاده مجدد در اسپلیتر مناسب است. آب، برای هیدرولیز چربی مورد نیاز، به قسمت بالای اسپلیتر بازیافت می‌شود و در آنجا با اسید چرب که قبلاً تصفیه شده قرار دارد، تماس پیدا می‌کند. یکی دیگر از مزایای این فرایند مطابق با اختراع، توانایی آن در جدا کردن و جدا کردن چربی‌های موجود در آب شیرین است که در جزئیات بیشتر در زیر شرح داده شده است از این طریق از رسوب سطوح تبادل گرما استفاده شده در تبخیر آب از گلیسرین جلوگیری می‌شود. (10)

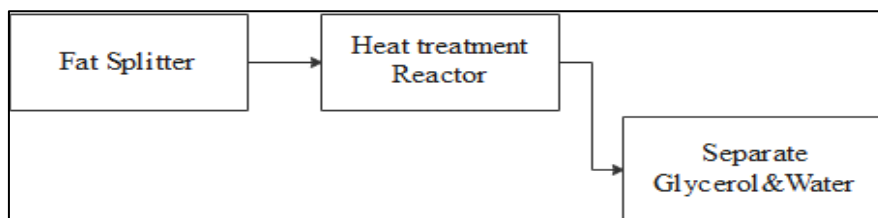
جزئیات روش تولید:

در فرایند ذکر شده، آب شیرین حاوی چربی حاصل از اسپیلیتر تا دمای حداقل ۲۰۰ درجه سانتیگراد تحت فشار افزایش پیدا می‌کند و این درجه حرارت را تا مدت زمان کافی برای غیرفعال کردن Prion حفظ می‌کند. به طور معمول، این مدت زمان حداقل ۲۰ دقیقه خواهد بود. این عملیات حرارتی از چند طریق ممکن است انجام شود، مثلاً با استفاده از مبدل حرارتی خارجی روی جریان خوراک که می‌تواند گلیسرین را حداقل تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد گرم کند. چنین مبدل حرارتی می‌تواند با تماس مستقیم از بخار یا مایعات انتقال حرارت با انرژی تأمین شود. عملیات حرارتی همچنین می‌تواند با تماس مستقیم با بخار داخل یا خارج از مخازن دما انجام شود. (10)

جریان آب شیرین گرم شده، در دمای ثابت با درجه حرارت و فشار و برای یک دوره زمانی کافی برای غیرفعال کردن Prion موجود، در آب شیرین نگهداری می‌شود. ترجیحاً یک ستون عمودی که قادر به تحمل فشارهایی برابر با حداقل فشار اتوژنیک آب در دمای افزایش یافته مورد نیاز برای غیرفعال کردن Prion باشد. از آنجا که به طور معمول چربی بدون هیدرولیز در آب شیرین وجود دارد، رابط بین چربی و آب شیرین در منطقه دمای ثابت شکل گرفته و نگهداری می‌شود. موقعیت رابط چربی / گلیسرین-آب حفظ می‌شود تا فاز گلیسرین-آب در دمای حداقل ۲۰۰ درجه سانتیگراد و در فشار بالا برای یک دوره حفظ شود تا بطور قابل توجهی غیرفعال شود. به طور معمول، این مدت زمان حداقل ۲۰ دقیقه خواهد بود. هنگامی که منطقه دمای ثابت در داخل یک ستون عمودی قرار دارد، با کنترل میزان حذف هر چربی از بالای راکتور و میزان حذف آب شیرین از پایین راکتور، مکان عمودی رابط تثبیت می‌شود. (10)

فشار زیاد در منطقه ثابت دما به منظور جلوگیری از اختلاط ناخواسته چربی / آب شیرین ناشی از جوش ایجاد می‌شود و اجازه می‌دهد آب به درجه حرارت بالایی مانند ۲۰۰ درجه سانتیگراد برسد و براساس خصوصیات بدنی آب در ۳۹۲ درجه فارنهایت (۲۰۰ درجه سانتیگراد)، فشار حداقل psig ۲۱۱ لازم است. هنگامی که بخار مستقیماً به این فرایند برای گرم شدن اضافه می‌شود، بخار باید با فشار بیشتر از فشار عملکرد راکتور در دسترس باشد. در عمل، دمای بالاتر از ۲۰۰ درجه سانتیگراد و با فشار اتوژن تولید شده در آن، باید در داخل ستون راکتور حفظ شود. به طور معمول، شرایط عملیاتی این فرایند، فشار تا حدود psig ۳۰۰ و درجه حرارت تا حدود ۲۱۶ درجه فارنهایت است. (10)

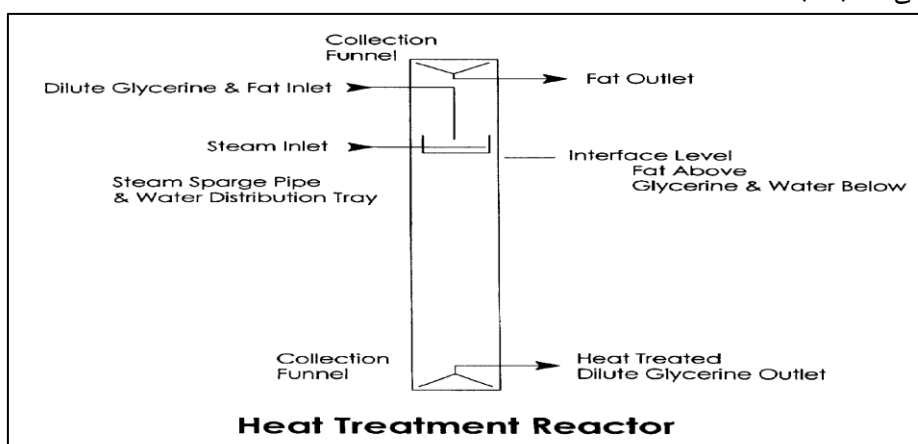
⁴ bovine transmissible spongiform encephalopathy



شکل ۳۰-۳: تولید گلیسرین در راکتور حرارتی

مثال از فرایند به شکل مختصر:

جریان آب شیرین (گلیسرین رقیق شده + چربی) از یک شکاف چربی به یک راکتور فشار عمودی حرارت همانطور که در شکل ۳۰-۳ نشان داده شده است، تغذیه می شود. جریان خوراک با بخار در تماس بوده و جریان خوراک و بخار در مجاورت یک سینی توزیع مخلوط شده اند. دمای جریان خوراک گرم حدود ۳۹۲ درجه فارنهایت معادل ۲۰۰ درجه سانتیگراد) بود. واسط زیر ورودی بخار تشکیل شده است. لوله ای لایه چربی بالا از لایه زیرین آب / گلیسرین جدا شده میکند. لایه آب / گلیسرین در قسمت زیر جداکننده برداشته شد و لایه چربی در بالای جداکننده با چنان سرعت برداشته شد تا زمان اقامت لایه آب / گلیسرین حداقل ۲۰ دقیقه فراهم شود. فرایند این اختراع تحت فشار (۱۴۵۰-۱۵۸۵ کیلوپاسکال) حدود ۲۱۱ تا حدود ۲۳۰ Psi عمل می کند. (10)



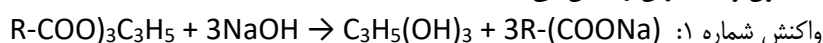
شکل ۳۱-۳: راکتور تولید گلیسرین از چربی

۵-۱-۳: روش تولید گلیسرین از طریق پروپیلن

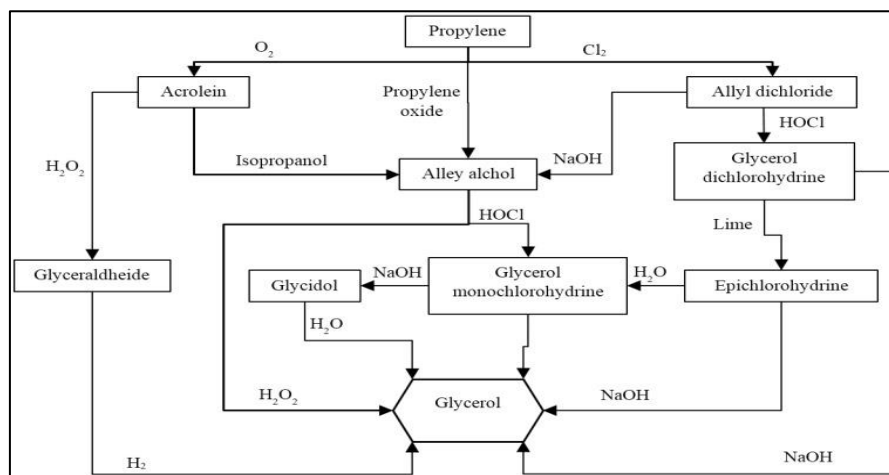
گلیسرین را می توان با استفاده از فرآیندهای مختلف و مواد اولیه تولید کرد. به عنوان مثال، می توان آن را با ستر پروپیلن از طریق چندین مسیر یا با هیدرولیز روغن یا با استفاده از استرلیزه اسیدهای چرب / روغن بدست آورد. (11) همانطور که بیان شد، از چندین مسیر می توان برای تولید گلیسرین توسط پروپیلن استفاده کرد و شکل زیر دو مورد از مسیرهای اصلی تولید این ماده را ترسیم می کند که شامل استفاده از اکسیژن یا کلر است. (12)

در کلرینه شدن پروپیلن (شکل ۳۲-۳)، آلایل کلرید در دمای ۵۱۰ درجه سانتیگراد با حضور هیپوکلرو اسید در ۳۸ درجه سانتی گراد تولید می شود. آلایل کلراید واکنش داده و گلیسرین دی کلرو هیدرین تولید می کند. پس از آن، گلیسرول دی کلرو هیدرین توسط سود سوزآور در محلول ۶٪ Na₂CO₃ (سدیم کربنات) در ۹۶ درجه سانتیگراد یا مستقیماً به گلیسرین هیدرولیز می شود و اپیکلروهیدرین به عنوان ماده غیر قابل استفاده در یک ستون حذف می شود. در پایان، اپیکلروهیدرین با سود سوزآور به گلیسرین هیدراته می شود و این فرآیند تولید گلیسرین را در حدود ۹۰٪ امکان پذیر می کند. (11)

تولید گلیسرین توسط هیدرولیز روغن، هیدرولیز فرآیندی است که از سال ۲۸۰۰ قبل از میلاد شناخته شده است. اولین کارخانه صنعتی در سال ۱۸۶۰ ساخته شد. (13) این واکنش بین تری گلیسیرید و هیدروکسید قلیایی (سود سوز آور) اتفاق می افتد و منجر به تولید صابون و گلیسرین می شود. (11). واکنش شماره ۱ تولید صابون و گلیسرین را نشان می دهد.

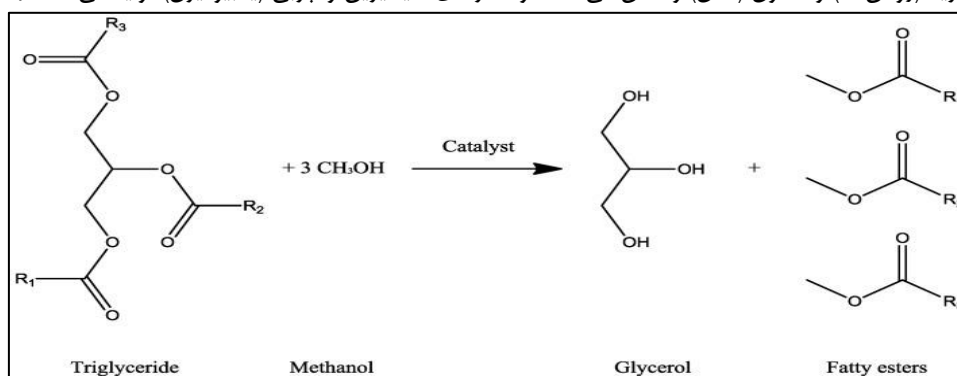


واکنش بالا را هیدرولیز قلیایی (صابون شدن) نامند که در نتیجه، تولید گلیسرین و صابون می شود.



شکل ۳-۳۲: کلرینه شدن پروپیلن

واکنش ترانس استریفیکاسیون بین روغن بیور و اتانول برای تولید گلیسرین در سال ۱۸۶۴ انجام شد. استری شدن یا استریفیکاسیون یک نام عمومی برای واکنشی است که دو ماده (عمدتا یک الکل و یک اسید) یک مولکول استر (شیمی) را ایجاد می‌نمایند. شکل ۳-۳۳ شماتیک این واکنش را نشان می‌دهد. تری گلیسیرید (روغن‌ها) و متانول (الکل) واکنش می‌دهند و استرهای گلیسیرین و چربی (یا بیودیزل) تولید می‌کنند. (14)

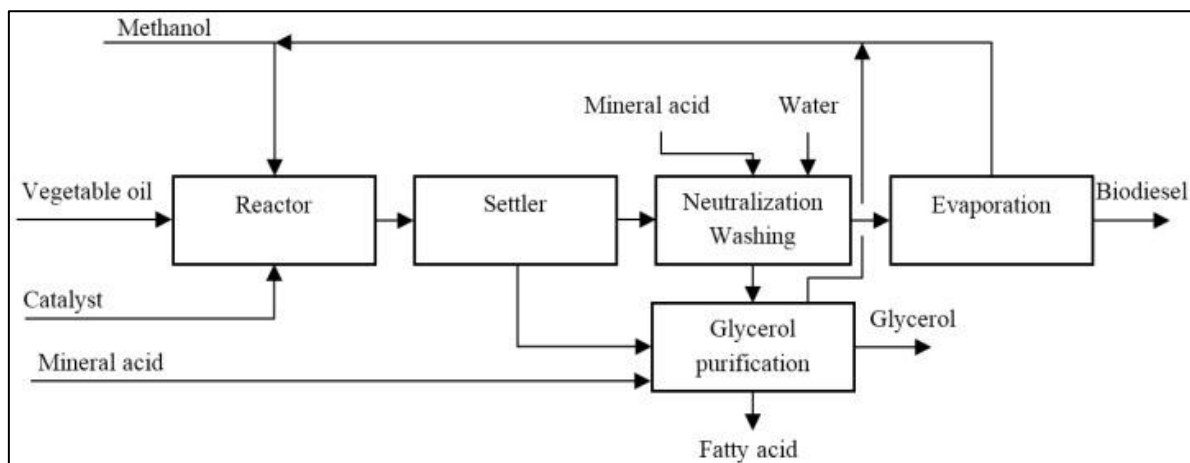


شکل ۳-۳۳: واکنش تولید گلیسرین و استرهای چربی از تری گلیسیرید در حضور کاتالیست

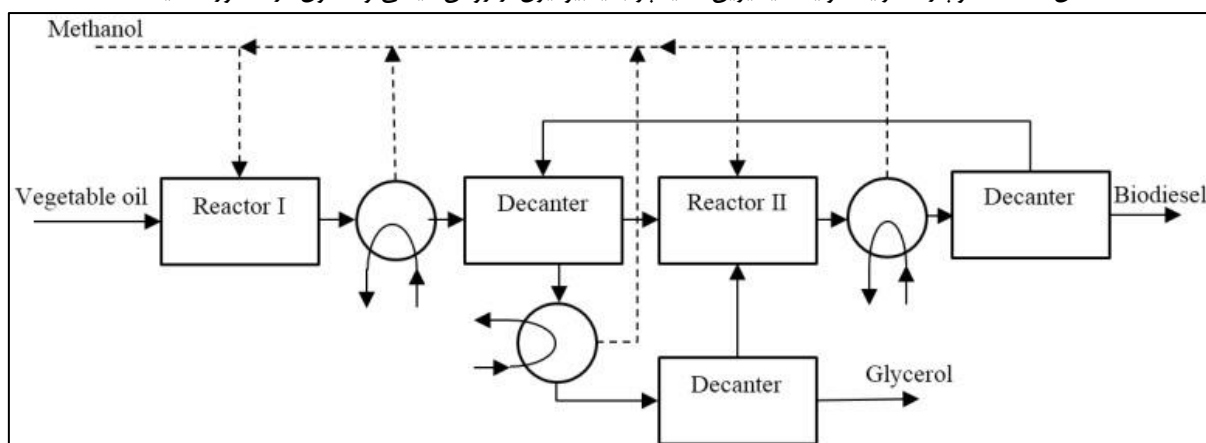
این فرآیند با استفاده از کاتالیزورهای همگن (به ویژه سیدم هیدروکسید یا متیلات سدیم) در شکل ۳-۳۴ نشان داده شده است. (15) اولین مرحله فرآیند شامل واکنش بین روغن‌های گیاهی و متانول در حضور کاتالیزور است. پس از آن، جداسازی گلیسرین از مخلوط محصولات که توسط واحد ته نشینی انجام می‌شود، جریان باقیمانده به یک واحد برای حذف جز کاتالیزوری از اسیدهای معدنی فرستاده می‌شود و دو جریان تولید می‌کند: واحد بازیابی گلیسرین و واحد تبخیرکننده (Evaporator)، که بیودیزل را از محصولات دیگر جدا می‌کند. واحد تصفیه گلیسرین دارای سه جریان خروجی است: جریان اول حاوی ۸۰٪-۹۵٪ گلیسرین، دومین جریان متشکل از آب، نمکهای محلول و متانولی که واکنش داده نشده (که دوباره به راکتور بازیافت می‌شود) و جریان سوم که حاوی استرهای چرب است. (16) (17)

دیگرام واکنش استریفیکاسیون تری گلیسیریدها با کاتالیزورهای ناهمگن (که عمدتاً اکسیدهای آلومینیوم و روی است) در شکل ۳-۳۵ نشان داده می‌شود. برای افزایش تبدیل روغن گیاهی، فرآیند دو مرحله واکنش را پیش بینی می‌کند. اولین راکتور با روغن نباتی و متانول تغذیه می‌شود. جریان محصول از طریق یک مبدل حرارتی عبور می‌کند تا بخشی از متانول واکنش داده نشده را تبخیر کند، در حالی که جریان باقیمانده به یک دستگاه مخزن فرستاده می‌شود تا اجزای قطبی (عمدتاً گلیسرین) و غیر قطبی (اغلب روغن گیاهی و بیودیزل) را جدا کند. در راکتور دوم، جریان غیر قطبی برای دومین بار واکنش نشان می‌دهد تا تولید بیودیزل افزایش یابد و متانول بازیابی شود. در حالی که مخزن رسوب بیودیزل را از اجزای قطبی جدا می‌کند. جریانهای قطبی هر دو ردیف قطبی اول و دوم برای بازیابی متانول باقیمانده موجود در مخلوط به مبدل حرارتی دیگر فرستاده می‌شوند، در حالی که قسمت باقیمانده برای جداسازی روغن نباتی و گلیسرین واکنش داده نشده به داخل مخزن رسوب فرستاده می‌شود.

روند واکنش ترانس استریفیکاسیون از طریق مایعات فوق بحرانی تا حد زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است. یک یا دو مرحله واکنش امکان پذیر است: در انتقال استریفیکاسیون مایع فوق بحرانی تک مرحله ای، واکنش فقط پس از گرم شدن واکنش دهنده‌ها به دما و فشار بحرانی آنها با تری گلیسیرید انجام می‌شود. (18) در انتقال استریفیکاسیون مایع دو مرحله ای - فوق بحرانی، تری گلیسیریدها در واکنش هیدرولیز ابتدا به اسیدهای چرب آزاد و محصولات فرعی تبدیل می‌شوند. پس از آن، اسیدهای چرب آزاد به دست آمده تحت واکنش استریزه سازی قرار می‌گیرند و در واکنش مایع فوق بحرانی، استرهای متیل اسید چرب تولید می‌کنند. (19) (20)



شکل ۳-۳۴: فلوچارت فرایند تولید گلیسرین، اسیدچرب یا بیودیزل از روغن گیاهی و متانول در حضور کاتالیست



شکل ۳-۳۵: نمودارفلوشمای واکنش استریفیکاسیون تری گلیسیرید با کاتالیزورهای ناهمگن

بسته به فرآیند و مواد اولیه، جریان گلیسرین توسط چندین ترکیب مشخص می شود. بنابراین، می توان مشخصات آن را با توجه به انواع مختلف مواد اولیه و واکنشهای استفاده شده در طی فرآیند تولید شناسایی کرد. موارد قابل ذکر در جدول خلاصه شده است. (12)

جدول ۳-۱۶: درصد ترکیب انواع روغن در محصولات تولید بیودیزل و گلیسرین

منابع	سایر مواد	صابون	متانول	گلیسرین	مواد خام
(21)	۵,۵٪	-	-	۸۷,۱٪	ضایعات روغن پالم
(22)	۲۱,۰٪-۱۱,۰٪	۲۹,۰٪	۱۴,۵٪	۲۲,۰٪-۱۸,۰٪	روغن جاتروفا
(16)	-	-	۶,۲٪	۶۳,۰٪	روغن سویا
(21)	۲۳,۵٪	۲۶,۲٪	۱۰,۹٪	۲۲,۹٪	روغن سویا
(21)	۲۲,۳٪	۲۶,۱٪	۱۲,۶٪	۳۳,۳٪	روغن سویا
(21)	۳۸,۸٪	۲۰,۵٪	۸,۶٪	۲۷,۸٪	ضایعات روغن نباتی
(23)	۲,۰٪>	-	۰,۵٪	۸۰,۵٪	روغن پالم
(24)	-	-	-	۷۶,۶٪-۶۲,۵٪	روغن بذر
(25)	۱۴,۷٪	-	-	۸۵,۳٪	روغن سرخ کردنی استفاده شده

مزایا و معایب تولید بیودیزل و گلیسرول توسط استری شدن روغن در جدول ۱۸-۳ آمده است: (26)

جدول ۱۷-۳: مزایا و معایب بیودیزل و گلیسرین توسط استری شدن روغن

گروه کاتالیزور	نوع کاتالیزور	مزایا	معایب
کاتالیزور باز-همگن	NaOH KOH	سرعت واکنش بسیار سریع است. محصول با تبدیل بالا حاصل می شود. انرژی دارای خواص شدتی ^۵ است. این کاتالیزورها به طور گسترده در دسترس و مقرون به صرفه هستند.	محدودیت استفاده برای روغن با کمتر از ۰.۵ درصد وزنی FFA ^۶ اگر مقدار FFA در روغن بیش از ۲ درصد وزنی باشد، صابون تشکیل می شود. تشکیل بیش از حد صابون باعث کاهش عملکرد بیودیزل و ایجاد مشکل در فرایند تصفیه می شود.
کاتالیزور باز-ناهمگن	CaO MgO	به طور نسبی واکنش سریع تر واکنش ترانس استریفیکاسیون کاتالیزوری است. کاتالیزور از محصول به راحتی جدا می شود. امکان استفاده مجدد از کاتالیزور فراهم است.	به دلیل ویژگی بازی و قلیایی نسبت به مقدار FFA حساس است. اگر مقدار FFA در روغن بیش از ۲ درصد وزنی باشد، صابون تشکیل می شود. تشکیل بیش از حد صابون باعث کاهش عملکرد بیودیزل و ایجاد مشکل در فرایند تصفیه می شود. استخراج کاتالیست فعال ممکن است باعث آلودگی شود.
کاتالیزور اسیدی-همگن	H ₂ SO ₄ HCl	به مقدار FFA و مقدار آب در روغن حساس نیست. این فرایند از فرایند کاتالیزور بازی اقتصادی تر است. در صورتی که از روغن با گرید پایین استفاده شود، این روش ترجیح داده می شود. استریفیکاسیون ^۷ و تبادل استری ^۸ به طور همزمان انجام می شود.	سرعت واکنش بسیار کند است. مقدار الکل نسبت به روغن در نسبت مولی الکل_روغن بیشتر است و واکنش در دمای بالا انجام می شود. کاتالیزگر H ₂ SO ₄ خورنده است و منجر به خوردگی راکتور شده و به لوله ها آسیب می رساند. جداسازی کاتالیزگر از محصول به راحتی صورت نمی گیرد.
کاتالیزور اسیدی-ناهمگن	ZrO ₂ TiO ₂ SnO ₂ ژئولیت	به مقدار FFA و مقدار آب در روغن حساس نیست. در صورتی که از روغن با گرید پایین استفاده شود، این روش ترجیح داده می شود. استریفیکاسیون و تبادل استری به طور همزمان انجام می شود. کاتالیزور از محصول به راحتی جدا می شود. امکان استفاده مجدد از کاتالیزور فراهم است. احتمال خوردگی کم است.	سنتز کاتالیزور منجر به صرف هزینه های زیاد است. مقدار الکل نسبت به روغن در نسبت مولی الکل_روغن بیشتر است و واکنش در دمای بالا انجام می شود. استخراج کاتالیست فعال ممکن است باعث آلودگی شود.

۶-۱-۳: کاربرد گلیسرین:

بر اساس درجات گلیسرین که در تجارت عرضه می شود عبارتند از: گلیسرین سنگین، گلیسرین تقطیری زرد، گلیسرین خالص شیمیایی، گلیسرین USP در غذا_دارو و لوازم آرایشی. به طور کل گلیسرین در چهار گرید صنعتی، بهداشتی، خوراکی و دارویی موجود است. از گلیسرین به عنوان ماده اولیه کاربردی در کلیه صنایع کشور نام برده می شود. (27)

گلیسرین صنعتی:

^۵ خواص شدتی (Intensive) مقدار آن به اندازه یا مقدار سیستم بستگی ندارد. مانند دما، فشار، چگالی، حجم ویژه، انرژی درونی ویژه، آنتالپی ویژه و ...
^۶ اسید چرب آزاد

^۷ Esterification واکنش بین کربوکسیلیک اسید و الکل است.

^۸ Transesterification: واکنش بین استر و الکل است.

گلیسرین در صنعت رنگ و رزین و همچنین در صنایع نظامی برای تهیه نیترو گلیسرین برای مواد منفجره مانند دینامیت استفاده می‌شود، همچنین این ماده به عنوان پر کننده برای اندازه گیری فشار برای ارتعاش خنثی استفاده می‌شود و برای جلوگیری از یخ بستن جک‌های هیدرولیک، برای روغن کاری ابزارها و تاسیسات فلزی کاربرد دارد.

گلیسرین بهداشتی: گلیسرین در محصولات مراقبت از پوست و مو کاربرد فراوانی دارد، در تولید صابون های شفاف نقش اساسی را ایفا می کند. همچنین به عنوان اسانس در عطر و ژل ها در شوینده های بهداشتی، خمیر دندان و برای تهیه کرم های صورت در صنایع آرایشی و بهداشتی به کار می رود.

گلیسرین خوراکی: گلیسرین در غذاها و نوشیدنی‌ها به عنوان حلال و شیرین کننده عمل می‌کند دارای طعمی شیرین و گرم می‌باشد و به حفظ غذا کمک می‌کند و توسط آکادمی تغذیه و رژیم غذایی در دسته کربوهیدرات قرار می‌گیرد و به عنوان یک شیرین کننده سازگار با رژیم‌های با کربوهیدرات کم است.

گلیسرین دارویی: از گلیسرین خالص در مصارف داروسازی استفاده می‌شود که درصد خلوص آن حداقل ۹۹٫۵ می‌باشد و در رده درمانی عوامل موضعی و پوستی قرار می‌گیرد و به صورت لوسیون و شیاف است. و برای درمان در شرایط خاص و در تهیه داروهایی مانند کاهش دهنده‌ی فشار چشم و قبل از اعمال جراحی چشم، قطره استریل چشمی، شربت سرفه، داروهای ضد سرطان و دهان شویه، کاربرد دارد و به طور کلی گلیسرین در آماده‌سازی‌های مراقبت شخصی و داروشناسی و پزشکی استفاده می‌شود. (27)

۷-۳: بازار جهانی و داخلی گلیسرین:

بازار جهانی گلیسرین در سال ۲۰۱۵ معادل ۲٫۱۹ میلیارد دلار ارزیابی شده است و پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۱ با رقم ۶٫۸٪ از سال ۲۰۱۶ به ۲۰۲۱ به ۳٫۱۲ میلیارد دلار برسد. (28) مالزی بازار گلیسرین جهان را به عنوان بزرگترین کشور تولید کننده و صادر کننده محصولات گلیسرین نگه می‌دارد این میزان در کل صادرات گلیسرین در سال ۲۰۱۶ ارزش ۲۴٫۶٪ را به خود اختصاص داده و ۲۰۹ میلیون دلار ارزش صادرات را به خود اختصاص داده است. به دنبال مالزی، آلمان و اندونزی بزرگترین کشورهای بازار گلیسرین هستند. آنها در کنار هم ۳۴ درصد ارزش کل صادرات گلیسرین را در سال ۲۰۱۶ شامل می‌شوند. در حقیقت، مالزی، آلمان و اندونزی به طور جمعی ۵۹٫۲ درصد ارزش صادرات جهانی گلیسرین را در سال مذکور به عهده داشته است. (28). جدول ۱۹-۳ بازار تولیدات گلیسرین در جهان را نشان می‌دهد.

بازار تولیدات گلیسرین در جهان به طور کلی به شرح زیر است: (28)

جدول ۱۸-۳: بازار تولیدات گلیسرین در جهان

گزارش	جزئیات
دوره پیش بینی شده	۲۰۲۱-۲۰۱۶
مناطق تحت پوشش	آمریکای شمالی، اروپا، آسیا-اقیانوسیه، خاورمیانه و آفریقا و آمریکای جنوبی
اصلی ترین کمپانی های تولید کننده	(مالزی) Emery Oleochemicals (مالزی) IOI Oleochemicals (مالزی) KLK Berhad (سنگاپور) Wilmar International (هند) Godrej Industries (انگلیس) Croda International Plc (ایالات متحده) Cargill Incorporated (ایالات متحده) P&G Chemicals (ژاپن) Kao Corporation

بر اساس آمار گمرک در ۱۱ ماه منتهی به بهمن ماه سال ۹۷ قریب به ۵ هزار و ۴۲۳ تن گلیسرول خام، آب ها و محلول های قلیایی گلیسرین دار، به ارزش دلاری ۴۰۱۳۵۸۸ و ارزش ریالی ۱۲۲۳۳۰۸۷۲۵۸۸ وارد کشور شده است. بر اساس اطلاعات بدست آمده از سایت گمرک ایران، کشور اسپانیا با صادر کردن بیش از ۳۸۴ تن گلیسرول خام، آب ها و محلول های قلیایی گلیسرین دار، به ارزش دلاری ۶۴۹۳۶ و ارزش ریالی ۲۰۰۸۸۸۴۶۳۶ و همچنین کشور فرانسه با صادرات بیش از ۱۸۰ تن گلیسرول خام، آب ها و محلول های قلیایی گلیسرین دار با ارزش دلاری ۳۴۲۵۳۹ و ارزش ریالی ۱۰۴۳۳۱۲۳۲۵۰ جزو کشورهایی هستند که این محصول را به ایران صادر می کنند. (28)

در سالهای ۲۰۱۷-۲۰۱۸ کشور های افغانستان و عراق جز کشورهای مقصد برای صادرات این ماده از ایران بوده اند. جدول ۳-۲۰ آمار صادرات گلیسرین را در سال ۹۷ را نشان می دهد. (29)

جدول ۳-۱۹: آمار وزنی صادرات گلیسرین از ایران طی سال ۹۷

کشور مقصد	توضیحات	سال ۲۰۱۷	سال ۲۰۱۸
افغانستان	گلیسرول خام، آب ها و محلول های قلیایی گلیسرین دار	۲ تن	۱۷ تن
عراق	'''	۱۳ تن	۲۶ تن
ترکمنستان	'''	۱۱ تن	۹ تن

در توضیح بازار داخلی گلیسرین، طی دو سال گذشته به طور متوسط حدود ۶۵۰۰ تن از این ماده وارد ایران شده است. (30) متأسفانه صادرات گلیسرین از ایران بسیار ناچیز بوده است. از بزرگترین تولید کنندگان داخلی گلیسرین در ایران می توان مجتمع صنایع شیمی گستر نیما و لند شیمی را نام برد. براساس اطلاعات بدست آمده از وزارت صنایع و معادن مجتمع صنایع شیمی گستر نیما با هدف تولید گلیسرین مورد استفاده صنایع خوراکی، آرایشی و بهداشتی، دارویی و صنعتی کشور در سال ۱۳۸۶ با زمینی به مساحت بیش از ۱۰۰۰۰ متر مربع در منطقه شهرک صنعتی شکوهیه قم تأسیس گردید و دفتر مرکزی این شرکت جهت انجام امور فروش و بازرگانی مستقر در تهران می باشد. در حال حاضر با توجه به ظرفیت بسیار بالا و کیفیت فراتر از استاندارد، جهانی این شرکت به عنوان اصلی ترین تامین کننده گلیسرین فعالیت می نماید. توان تولید این کارخانه در روز ۲۰ تن گلیسرین می باشد. (31)

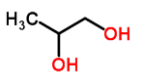
۳-۲: پروپیلن گلیکول:

چکیده: پروپیلن گلیکول (Propylene Glycol) با فرمول شیمیایی (C₃H₈O₂) شناخته شده است. این ماده شیمیایی در دسته مواد امولسیون قرار می گیرد. پروپیلن گلیکول در صنایع مختلف کاربردهای متنوعی دارد و یکی از مواد شیمیایی مهم وارداتی کشور محسوب می شود. این ماده در مقیاس وسیع و در رتبه اول برای تولید انواع پلیمرها مورد استفاده قرار می گیرد. مصارف دارویی - بهداشتی یا غذایی این ترکیب آلی در اتحادیه اروپا، هر یک با کد مشخصی معرفی می شود. پروپیلن گلیکول به عنوان مواد اولیه برای تهیه داروهای موضعی، خوراکی و دارویی در ایالات متحده و اروپا مورد تأیید است. (32)

۳-۲-۱: خواص فیزیکی و شیمیایی:

مونوپروپیلن گلیکول (نام IUPAC: پروپان-۱،۲-دی-آل (D-OL-۱،۲)) یک ترکیب آلی با فرمول شیمیایی CH₃CH(OH)CH₂OH است. یک مایع چسبنده، بی رنگ و تقریباً بی بو با طعم شیرین است. پروپان-۱،۲-دی-آل شامل دو گروه الکلی است، به همین دلیل در خانواده ترکیبات D-OLL طبقه بندی می شود. نام این حلال آلی را می توان در کنار بسیاری از حلال های معروف مانند آب، استون و کلروفرم یافت. به طور کلی، ترکیبات گلیکول، غیر محرک، دارای تغییرات بسیار کمی و سمیت بسیار کمی هستند. (33)

جدول ۳-۲۰: خواص شیمیایی پروپیلن گلیکول

فرمول شیمیایی	ساختار	جرم مولی	دانسیته	نقطه ذوب	نقطه جوش
C ₃ H ₈ O ₂		76.09 g/mol	1.036 g/mol ³	-60°C	187°C

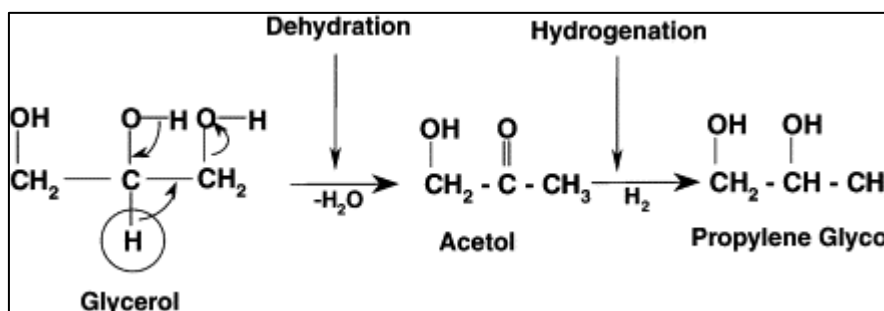
به صورت صنعتی، پروپیلن گلیکول از propylene oxide به دست می آید. طبق یک منبع در سال ۲۰۱۸، سالیانه ۲،۱۶ میلیون تن پروپیلن گلیکول تولید می شود. تولیدکنندگان یا فرآیند دمای بالای غیر کاتالیک را در ۲۲۰-۲۰۰ درجه سانتی گراد استفاده می کنند و یا یک روش کاتالیک که در دمای ۱۵۰-۱۸۰ در حضور ion exchange resin رزین تبادل یونی و یا مقدار کمی از اسیدسولفوریک استفاده می کنند.

۳-۲-۲: بررسی اجمالی تکنولوژی و روش های تولید پروپیلن گلیکول:

در این بخش، تبدیل کاتالیزوری گلیسرین به پروپیلن گلیکول بررسی می شود. توسعه، اثرات آماده سازی و روش های فعال سازی در فعالیت کاتالیزوری و ثبات، و عملکرد مختلف انواع کاتالیزورها امکان استفاده از هیدروژن زیستی و چالش های استفاده از گلیسرین خام برای هیدروژنولیز گلیسرین مورد بحث قرار گرفته است.

کاهش ذخایر سوخت های فسیلی و تأثیر فزاینده آن بر محیط، علاقه به توسعه سوخت های تجدید پذیر را به طور عمده بیو اتانول و بیودیزل افزایش داده است. (34) در حال حاضر، بیودیزل با ترانس استریفیکاسیون تری گلیسیریدها با الکلهای ساده مانند متانول یا اتانول کاتالیز شده توسط

کاتالیزورهای قلیایی یا اسیدی تولید می شود. گلیسرول به عنوان محصول جانبی این فرآیند تولید می شود. افزایش تولید بیودیزل در سطح جهانی منجر به مازاد زیادی گلیسرول شده است که باعث اشباع بازار گلیسرول شده است. (35) بنابراین، روشهای اقتصادی جدیدی برای استفاده از گلیسرول برای محصولات با ارزش افزوده باید تقویت شود تا توسعه پایدار صنعت بیودیزل تقویت شود. وجود سه گروه هیدروکسیل در گلیسرول آن را به ترکیبی همه کاره با طیف گسترده ای از خواص تبدیل می کند و در کاربردهای بسیار متنوعی بخصوص در داروسازی های آرایشی و صنایع غذایی مورد استفاده قرار می گیرد. علاوه بر این ، گلیسرین می تواند از طریق فرآیندهای شیمیایی و بیوشیمیایی به مواد شیمیایی با ارزش بالا تبدیل شود . در سال های اخیر فقط چند برنامه کاربردی شناسایی شده است که در آن می توان از گلیسرین در مقیاس وسیع استفاده کرد. (36)



شکل ۳۶-۳: واکنش تبدیل گلیسرین به پروپیلن گلیکول

چندین بررسی در مورد هیدروژناسیون کاتالیزوری گلیسرول به پروپیلن گلیکول گزارش شده است. بوگزا و همکاران اثر کاتالیزورهای مس، نیکل، کبالت و فلزات نجیب را در تبدیل گلیسرول به پروپیلن گلیکول بررسی کرد. (39) اثرات پارامترهای واکنش (دما، بارگذاری کاتالیزور، فشار هیدروژن و غلظت گلیسرول)، محیط واکنش (اسیدی / قلیایی) برای بررسی اجمالی اثرات مختلف آماده سازی و فعال سازی کاتالیست در تبدیل گلیسرول و انتخاب محصول، و عملکرد انواع مختلف راکتورها و کاتالیزورها، نه تنها مکمل بررسی های قبلی است بلکه به بهینه سازی و مقیاس سازی فرآیندهای تبدیل گلیسرول نیز کمک می کند.

۱. هیدروژنولیز یک واکنش شیمیایی است که به موجب آن یک پیوند کربن-کربن یا هترواتوم کربن شکسته می شود یا توسط هیدروژن تحت تجزیه قرار می گیرد.

استفاده قرار می گیرد که باید از هم جدا شوند و فرایند را از نظر اقتصادی غیر اقتصادی سازد (یک اشکال). بنابراین ، به عنوان یک فرآیند سبزتر ، هیدروژنولیز گلیسرول - به عنوان مقدار فراوان محصولات جانبی ارزان قیمت صنعتی یا زباله های پروپیلن گلایکول (PG) به روشی اقتصادی بسیار سودمندتر از فرآیندهای متداول توصیف شده در بالا است.(37)

به طور سنتی ، از کاتالیزورهای همگن برای هیدروژنولیز گلیسرین به پروپیلن گلیکول استفاده می شود. تسی روشی را برای تولید کاتالیزوری پروپیلن گلیکول از گلیسرول در محلول آبی با استفاده از کاتالیزور همگن در شرایط واکنش 459.8 psi و 200°C درجه سانتی گراد ثبت اختراع کرد. در طول واکنش پروپان گلایکول و پروپان دیول با بازده 20% تا 23% درصد تولید شدند.(37) هیدروژنولیز گلیسرین از طریق فرآیندهای کاتالیزوری همگن، دارای نقایصی از جمله خوردگی، جداسازی و بازیابی سخت کاتالیزور از جریان محصول و استفاده از حلال های گران و سمی در واکنش است. این مسائل سبب ایجاد مشکلات زیست محیطی و اقتصادی در واکنش می شود. به دنبال رفع این مسئله استفاده از کاتالیزورهای ناهمگن مانند Ru ، Ni ، Pd ، Re ، Cu ، Rh ، مورد بررسی قرار گرفت. سنتز PG از گلیسرین در یک راکتور batch با استفاده از کاتالیزورهای همگن یا ناهمگن به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. با این حال ، این فرایند ها دارای معایب عمده ای از جمله زمان واکنش طولانی ، هزینه بالای کار برای واحد تولید ، تجاری سازی و زمان طولانی برای تمیز کردن راکتور و دیگر تجهیزات هستند. در در اینجا گلیسرین را در یک راکتور دوغاب^{۱۱} با استفاده از یک کاتالیزور Ru-Re را برای تولید پروپیلن گلایکول مورد بحث قرار دادند.(41) سیستم راکتور از یک آرایه موازی متشکل از شش راکتور اتوکلاو^{۱۱} ساخته شده است که می تواند همزمان در دما و فشارهای مختلف با استفاده از کنترل رایانه کار کند. مهندسين حداکثر تبدیل گلیسرول 58% گزارش کرده اند. (42) (44) (43) برای هیدروژنولیز فاز آبی گلیسرین از راکتور دوغاب چندگانه استفاده شده است.(37)

در مطالعه این فرایند، ترکیب 1% وزنی: 1% درصد از 5% درصد وزنی $\text{Ru} / \text{Al} \text{ } r\text{O}_3$ و 5% درصد وزنی $\text{Pt} / \text{Al} \text{ } r\text{O}_3$ ، به ترتیب ، برای بدست آوردن تبدیل گلیسرین 50% با انتخاب 47% PG پس از 6 ساعت در 220°C درجه سانتیگراد و 595 psi بدون هیدروژن خارجی (یا استفاده از هیدروژن تولید داخل از اصلاح بخار گلیسرین) بررسی شده است. هیدروژنولیز گلیسرین راکتور فاز دوغاب را با استفاده از Pt ، Pd ، Rh ، Au و ZnO در غیاب هیدروژن خارجی مورد بررسی قرار دادند. پس از بررسی فعالیت کاتالیزور ها برای تبدیل گلیسرین به پروپیلن گلایکول نتایج مقابل حاصل شد. $\text{Pt} > \text{Rh} > \text{Pd}$ Au > هیدروژنولیز گلیسرین در راکتور دوغابی فرایند را به سمت تجاری سازی پیش می برد اما مشکلاتی از جمله مشکل در طراحی فرایند، تولید ذرات ریز در طول فرایند، مشکل در نمونه گیری و مصرف بیش از اندازه کاتالیزور، با خود به همراه دارد. بدیهی است که تولید PG در یک راکتور جریان مداوم با استفاده از کاتالیزورهای ناهمگن سودمند است، زیرا این فرآیند دارای مزایایی از نظر راندمان انتقال حرارت و جرم بالا، سهولت مقیاس سازی از مقیاس آزمایشگاهی به مقیاس صنعتی است. هیدروژنولیز گلیسرین با توجه به دما ، فشار و غلظت واکنش دهنده می تواند مورد بهره برداری قرار گیرد و سینتیک ذاتی واکنش می تواند در فرآیندهای جریان افزایش یابد تا عملکرد محصولات مورد نظر بهبود یابد. ژو^{۱۲} و همکاران از یک راکتور جریان برای مطالعه سینتیک هیدروژنولیز گلیسرین بر روی کاتالیزور $\text{ZnO-Al} \text{ } r\text{O}_3$ استفاده کردند. یک محلول گلیسرین آبی یا بخار شده (80% وزنی) ابتدا از یک منطقه از قبل گرم شده عبور داده شد تا ویسکوزیته محلول را قبل از تغذیه در راکتور کاهش دهد. هائو^{۱۳} و همکارانش بدون استفاده از پیش گرم کن ، اما با استفاده از محلول آبی گلیسرین 10% درصد وزنی برای واکنش ، یک واکنش دهنده جریان برای واکنش هیدروژنولیز ایجاد کردند. نتایج بسیار خوبی در این سیستم راکتور با 90% انتخاب PG در 90% تبدیل گلیسرین بدست آمد. مخترعی دیگر با استفاده از یک راکتور بستر قطره ای با حجم 40 سانتی متر مکعب یک مدل انتقال جنبشی و جرمی برای هیدروژنولیز گلیسرین بر روی فلزات تشکیل شده از کربن (2.5% درصد وزنی Co ، 0.5% درصد وزنی Pd و 2.4% درصد وزنی Re) ایجاد کردند. کاتالیزور بین لایه ای از مهره های شیشه ای به قطر 2 میلی متر در پایین قرار دارد. وجود مهره های فولادی ضد زنگ، به قطر 2 میلی متر در بالا توزیع سریع مایع و پیش گرم شدن قبل واکنش کمک می کند. مخترعین به این نتیجه رسیدند پیش بینی هایشان با داده های تجربی مطابقت دارد و عملکرد راکتور به طور دقیق نشانگر تجاری سازی احتمالی این واکنش است. بخش زیر اطلاعاتی درباره تکامل فرآیند از یک سیستم همگن (با یا بدون حلال آلی) به یک سیستم ناهمگن و استفاده از آب به عنوان حلال و همچنین از فرایندهای دسته ای در سیستم ناهمگن به دوغاب دسته ای ، نیمه مداوم ، پلاگین ارائه می دهد. هچنین به بررسی عملکرد کاتالیزور ها پرداخته می شود.(37)

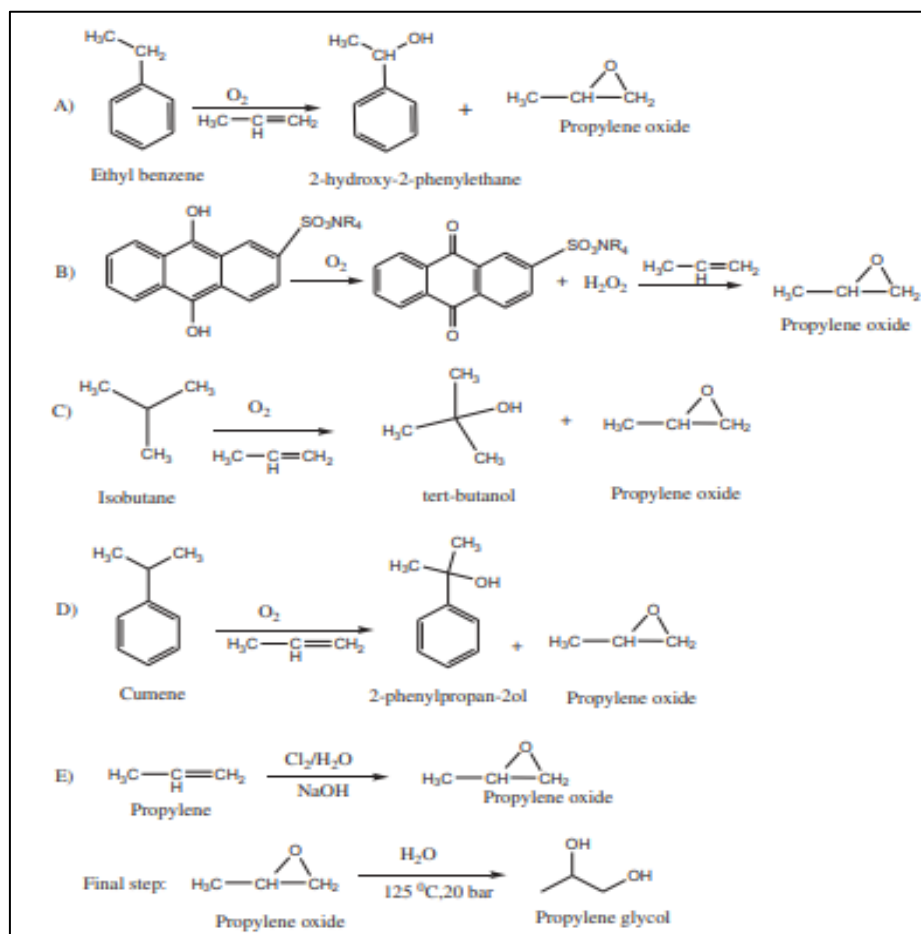
بررسی عملکرد کاتالیزور ها:

گزارش شده است که روش های آماده سازی و فعال سازی کاتالیزور به شدت بر خصوصیات ساختاری، فیزیکی و شیمیایی مانند پراکندگی فلز تأثیر می گذارد. این روش آماده سازی و فعال سازی کاتالیزور به بالا بردن تجدیدپذیری فلز و به حداقل رساندن سخت شدن فلز در طول واکنش کمک می کند و سبب کاهش میزان جذب آب در سطح واکنش می شود.(۳۷)

^{۱۱} Slurry reactor : راکتورهای دوغاب راکتورهای سه فاز هستند ، به این معنی که می توانند برای واکنش همزمان مواد جامد ، مایعات و گازها مورد استفاده قرار گیرند.

^{۱۱} راکتور اتوکلاو (Autoclave) : راکتور های هیدروترمال (اتوکلاو) در شیمی کاتالیز، کریستال، پلیمر، نانو، کئوردیناسیون، الکتروشیمی و همچنین در سنتزهای بیوشیمی و سایر واکنشها مورد استفاده قرار می گیرد. راکتورهای هیدروترمال برای سنتزهای شیمیایی تحت فشار و دمای معین نیز مورد استفاده قرار میگیرند.

روش های زیادی از جمله اشباع^{۱۴} (*IM*) ، جذب ، تبادل یونی^{۱۵} (*IE*) ، سل-ژل^{۱۶} (*SG*) ، (هم رسوبی) رسوب^{۱۷} (*CP*) ، تصفیه هیدروترمال^{۱۸} (*HT*) ، همجوشی جامد^{۱۹} (*SF*) و کربن- میکروسفر^{۲۰} (*CT*) در تهیه کاتالیزور گزارش شده است . اثرات روشهای مختلف تهیه کاتالیزور بر تبدیل گلیسرین به پروپیلن گلایکول در شکل ۳-۳۸ آورده شده است.



شکل ۳-۳۷: سنتز پروپیلن اکساید به روش تجاری

هیدروژنولیز گلیسرین توسط هوانگ^{۲۱} انجام شده است و توسط کاتالیزور سیلیسیم دی اکسید و مس به روش اشباع و رسوب دهی به این فرایند پرداخته است. هر دو کاتالیزور در دو حالت رسوب دهی و اشباع مورد بررسی قرار گرفتند و در هر دو حالت فرایند تبدیل با درصد بسیار بالایی انجام شد. با این حال کاتالیزور تهیه شده توسط رسوب دهی به نسبت دیگر کاتالیزور فعالیت بالاتری از خود نشان داده است. در سال ۲۰۱۳ مخترعین دیگر عملکرد کاتالیزور مس روی آلومینیم اکسید را توسط روش های اشباع و هم رسوبی^{۲۲} بررسی نمودند. بررسی ها نشان داده کاتالیزور Cu-ZnO / Al₂O₃ می تواند پروپیلن گلایکول ۸۵٪ را بدست بدهد. با روش مشابه، توسط مخترعین دیگر کاتالیزور های دیگری مورد بررسی قرار گرفتند که در جدول بالا آمده است. در کل مطالعات انجام شده نشان می دهد کاتالیزور هایی که به روش هم رسوبی تهیه شده اند نسبت به کاتالیزور هایی که به روش اشباع تهیه شدند، عملکرد بهتری دارند. هیدروژنولیز گلیسرین بر روی کاتالیزورهای Ni / ZnO تهیه شده توسط اشباع ، هم رسوبی ، تصفیه هیدروترمال و روش میکروسفر کربن توسط هو و همکاران بررسی شد. نویسندگان این واکنش را در یک

¹⁴ impregnation

¹⁵ adsorption, ion-exchange

¹⁶ sol-gel: The sol-gel process involves the preparation of a precursor mix (a **sol** or a solution), which transforms into a more solid-like material as a result of evaporation of the solvent, dehydration, and chemical cross-linking between the solid particles or dissolved precursors. (106)

¹⁷ precipitation

¹⁸ hydrothermal treatment

¹⁹ solid fusion

²⁰ carbon-microsphere-templating

²¹ Huang

راکتور جریان با واکنش ۱۰ درصد وزنی محلول آبی گلیسرین در دمای ۲۳۵ درجه سانتیگراد و زیر ۴۵۰ psi بیش از بدست آوردن کاتالیزور ۰.۵ گرم انجام دادند. جدول زیر نشان دهنده عملکرد کاتالیزور ها برای انجام این فرایند است.(37)

Catalyst	Method	Surface area (m ² /g)	Reactor type and reaction conditions	%C glycerol	%S (1,2PD)
Cu-Al ₂ O ₃	CP	57	Batch reactor	58	88
	SF	127	20 wt% aq glycerol, 0.01 g/mL cat, 493K, 5.2 MPa H ₂ , 5 h	5	74
Cu-SiO ₂	IM	38.6 (Cu)	Batch reactor	83	99
	PG	198.9	80% aq glycerol, 453 K, 6 MPa, 4 g cat, 12 h	50	98
CuO-ZnO	OG	30.1 (Cu)	Batch reactor	46	90
	CP	16.7	140 mL pure glycerol, 473 K, 3 g cat, 5 MPa H ₂ , 7 h	17	87
Cu-Cr ₂ O ₃	IM	15.1	Batch reactor	32	41
	Pre	19.3	50 g glycerol, 1 g cat, 8 MPa, 493 K	80	85
CuO/MgO	CP	26.2	Batch reactor	72	98
	IM	N.D	75wt% aq glycerol 8.0 mL, 1.0 g cat, 3.0 MPa H ₂ , 453 K, 20 h	30	93
Ru-TiO ₂	IM	2.4	Batch reactor	31	59
	CP	7.2	20 wt% aq glycerol, 6 MPa H ₂ , 453 K, catalyst loading 6wt% of solution, 8 h	44	58
Cu-ZnO/Al ₂ O ₃	IM	145	Flow reactor	100 ^a	95 ^a
	CP	182	80 wt% aq glycerol, 523K, 3.2 MPa H ₂ , 2.8 h ⁻¹	20 ^a	76 ^a
	SG	175		76 ^a	78 ^a
Ni-ZnO	IM	5	Flow reactor	45	44
	CP	11	10 wt% aq glycerol, W _{cat} =0.5 g, 508K, 3.1 MPa H ₂ , 6 h	80	46
	HT	24		84	50
	CT	32		88	55
Cu-ZnO/Al ₂ O ₃	IM	25	Flow reactor	64	68
	CP	75	80 wt% aq glycerol, 523K, 0.05h ⁻¹ , 0.1 MPa	86	85

^aAfter 12 h on-stream.

شکل ۳۸-۳: تاثیر روش های تهیه کاتالیست بر تبدیل گلیسرین و انتخاب پروپیلن گلیکول

۳-۲-۳: روش تولید پروپیلن گلیکول توسط گلیسرین

این روش تولید پروپیلن گلیکول توسط گلیسرین است. تبدیل گلیسرین خالص به پروپیلن گلیکول با استفاده از واکنش هیدرولیز در فاز مایع انجام می شود، دو مرحله واکنش به طور همزمان انجام می شود و در یک راکتور (۱) در شرایط مشخص دما و فشار، و در راکتور بستر ثابت انجام می شود. (۲) مرحله بعدی فرایند شامل جداسازی و تصفیه است. (45)

هدف از روش تولید پروپیلن گلیکول توسط گلیسرین: در حال حاضر شاهد افزایش قابل توجهی در عرضه گلیسرین در بازار هستیم که بیشتر به دلیل گسترش تولید بیودیزل در سراسر جهان است. در فرایند تولید بیودیزل، گلیسرین یک محصول جانبی است که با نسبت وزنی ۱/۱۰ (بیودیزل / گلیسرین) تولید می شود. با این حال، این مقدار اضافی در تأمین گلیسرین تأثیر مستقیمی در کاهش ارزش تجاری آن دارد، به طوری که استفاده از آن در کاربردهای مختلف دیگر مورد توجه قرار می گیرد. مطالعات مختلفی با هدف استفاده از این گلیسرین مازاد به عنوان ماده اولیه تولید محصولات جدید آغاز شده است. یکی از محصولاتی که مورد بررسی قرار می گیرد، پروپیلن گلیکول است که توسط گلیسرین تولید می شود. (45)

خلاصه روش تولید پروپیلن گلیکول توسط گلیسرین: روش حاضر مربوط به فرایندی برای تولید پروپیلن گلیکول از گلیسرین است که در آن واکنش ها در فاز مایع صورت می گیرد و گلیسرین مورد استفاده به عنوان ماده اولیه، به طور خاص، محصول جانبی فرایند بدست آوردن بیودیزل است. گلیسرین بدست آمده از بیودیزل به نام گلیسرین خام، با خلوصی در محدوده ۴۰ تا ۸۵ درصد تولید می شود. برای اینکه طبق اختراع حاضر به عنوان ماده اولیه تولید پروپیلن گلیکول استفاده شود، باید با استفاده از فرایندهای تصفیه که به طور معمول در صنعت استفاده می شود، تصفیه شود و گلیسرین با درجه خلوص در محدوده ۹۰ تا ۹۹٫۹ درصد وزنی بدست دهد. تبدیل گلیسرین خالص به پروپیلن گلیکول با استفاده از واکنش هیدرولیز در فاز مایع انجام می شود این فرایند در دو مرحله واکنش به طور همزمان و در یک راکتور یکسان انجام می شود. در مرحله اول گلیسرین تحت تأثیر دما و کاتالیزور، به استول و آب تبدیل می شود. در مرحله دوم، استول تحت تأثیر یک کاتالیزور و گاز هیدروژن به پروپیلن گلیکول تبدیل می شود. گاز بازیافتی برای تبدیل ناخالصی های CO و CO₂ موجود در جریان بازیافت هیدروژن به متان وارد راکتور متانسیون^{۳۳} می شود. در این مرحله تبدیل گلیسرین تا ۹۵٪ حفظ می شود و محصول نهایی که همان پروپیلن گلیکول است تولید می شود. پسب خروجی از راکتور برای جداسازی و تصفیه به بخشی هدایت می شود و پس از آن محصول نهایی با خلوص بالا و مقدار ناخالصی کم بدست می آید. (45)

^{۳۳} Methanation سازی متان راکتور

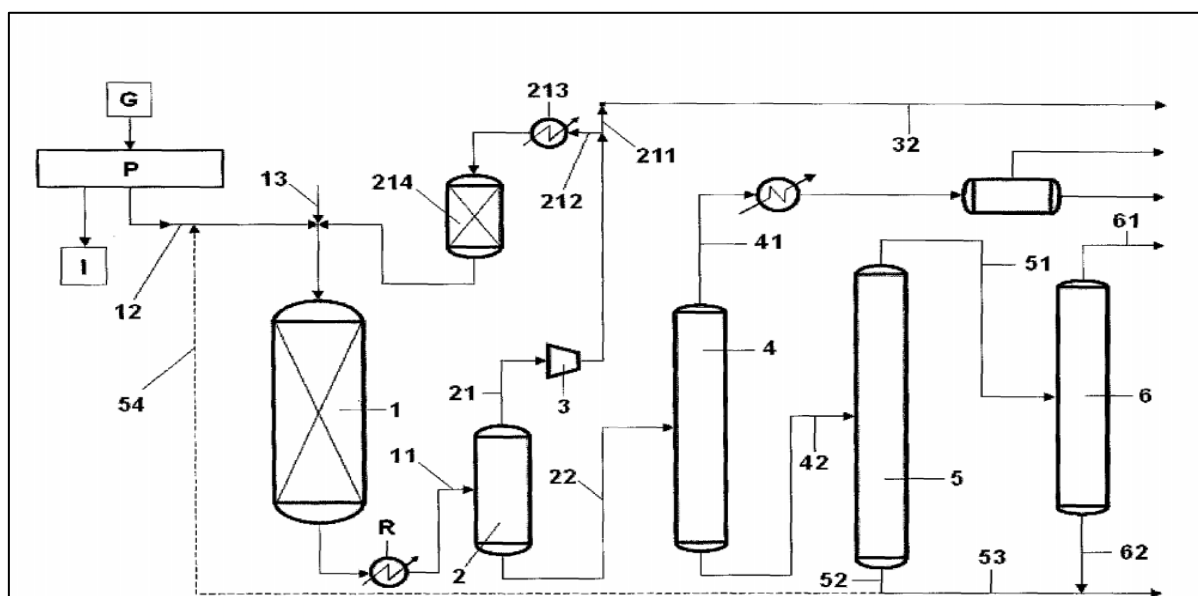
شرح روش تولید:

گلیسرین به عنوان ماده اولیه برای تولید پروپیلن گلیکول مورد استفاده قرار می گیرد. با این حال، گلیسرین قبل از ورود به راکتور هیدرولیز، ابتدا در یک مرحله تغلیط و یک مرحله تصفیه برای حذف ناخالصی هایی مانند: نمک ها و مواد آلی غیر گلیسرین قرار می گیرد. در نتیجه جریان گلیسرین با درجه ای از خلوص به طور معمول در محدوده ای بین ۹۰٪ وزنی و ۱۰۰٪ وزنی بدست می آید. فرآیندی که معمولاً برای مرحله تصفیه استفاده می شود، تقطیر جز به جز است. (45)

پس از خالص سازی، گلیسیترین با واکنش هیدرولیز به پروپیلن گلیکول تبدیل می شود. این واکنش در فاز مایع انجام می شود، دو مرحله واکنش به طور همزمان و در یک راکتور یکسان انجام می شود، یعنی گلیسیترین، تحت اثر دما و یک کاتالیزور، به استول و آب تبدیل می شود و سپس، تحت تأثیر یک کاتالیزور و گاز هیدروژن، استول به پروپیلن گلیکول تبدیل می شود. (45)

شکل شماتیک این فرایند یعنی تولید پروپیلن گلیکول از گلیسرین در شکل زیر نشان داده شده است. توضیح فرایند به شرح زیر است: (آ) فرستادن گلیسرین دریافت شده از تولید بیودیزل، حاوی ناخالصی ها، به مرحله تصفیه برای حذف ناخالصی ها با هر فرآیند تصفیه شناخته شده، به شرطی که این فرآیند گلیسرین با درجه خلوص در محدوده ۹۰ تا ۹۹٫۹ درصد وزنی را بدست دهد. (ب) اقدام به واکنش هیدرولیز، در یک راکتور آدیاباتیک بستر ثابت (۱) که در جریان نزولی کار می کند، در فاز مایع، جایی که دو مرحله واکنش به طور همزمان انجام می شود به شرح زیر است:

(45)



شکل ۳۹-۳: فرایند تولید پروپیلن گلاکول از گلیسرین

فعال سازی کاتالیزور مبتنی به مس، کرومات با عبور هیدروژن از آن صورت می گیرد:

تنظیم فشار در راکتور بستر ثابت (خط ۱) به فشاری که می تواند در محدوده ۷۱ تا ۷۱۱ Psi باشد.

در زیر توضیحات لازم جهت توجیه حرایات در بلاک دیاگرام شکل ۳۹-۳ آورده شده است.

■ افزایش درجه حرارت بستر کاتالیزور تا دماي که ۱۶۰ درجه سانتیگراد تا ۲۶۰ درجه سانتیگراد باشد.

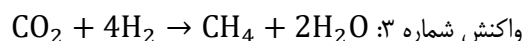
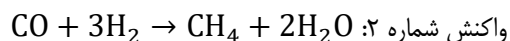
■ گلیسرین با مقدار مشخصی از آب از طریق خط تغذیه (۱۲) و هیدروژن از طریق یک خط گاز (۱۳)، با نسبت مولی گلیسرین به هیدروژن در محدوده ۱۰ مول تا ۱۲۰ مول و با توجه به واکنش دهنده محدود کننده که گلیسرین است، خنک کردن با استفاده از یک کولر (R) انجام می شود و خروجی پساب ترجیحاً از کف این راکتور و انتقال آن از طریق خط تولید واکنش داده پیش می رود (۱۱)؛ ارسال پساب از راکتور بستر ثابت (۱) از طریق خط تولید واکنش داده شده (۱۱) به یک ظرف جدا کننده فاز (۲)، برای حذف جریان حاوی هیدروژن و ترکیبات غیر قابل تبلیغ با استفاده از اولین جریان بالا (۲۱)، و حذف پساب مایع با استفاده از اولین جریان پایین (۲۲).

ورود اولین جریان بالایی (۲۱) دریافت شده از ظرف جدا کننده فاز (۲) به کمپرسور بازیافت (۳)، که محتوای این جریان را فشرده می کند، جایی که قسمت اول (۲۱۱) از طریق اولین خط تصفیه منتقل می شود (۳۲) در نظر گرفته شده برای سوزاندن توسط سوزاندن. ورود قسمت دوم (۲۱۲) از اولین جریان بالایی (۲۱) دریافت شده از مخزن جدا کننده فاز (۲) به هیتر (۲۱۳)، و سپس ورود به راکتور متانسیون (۲۱۴) برای تبدیل ترکیبات آلوده CO و CO₂ در اولین جریان بالا (۲۱) به متان وجود دارد، سپس در خط تغذیه مخلوط می شود (۱۲) و در راکتور هیدروژنولیز بازیافت می شود (۱). ارسال پساب مایع از اولین جریان پایین (۲۲) دریافت شده از ظرف جدا کننده فاز (۲) به یک برج تقسیم کننده اولیه (۴)، که از طریق جریان بالایی دوم (۴۱)، آب و ترکیبات قطبی سبک مانند متانول تخلیه می شود، اتانول، n-پروپانول و ایزوپروپانول، در حالی که پساب پایین از طریق جریان پایین منتقل می شود (۴۲). ارسال پساب پایین جریان دوم پایین (۴۲) دریافت شده از برج تقسیم اولیه (۴) به برج برای حذف بخشهای سنگین (۵)،

که گلیسرول واکنش داده نشده و سایر محصولات سنگین تشکیل شده در طی واکنش هیدروژنولیز را از بین می برد ، از طریق جریان پایین سوم (۵۲) به مقصدی منتقل می شود که می تواند از بین آنها انتخاب شود: خط دوم سوختن (۵۳) برای سوزاندن و تولید برق و خط دوم بازیافت (۵۴) که در آن گلیسرول به راکتور بستر ثابت برگردانده می شود (۱) ، در حالی که پروپیلن گلیکول حاوی ناخالصی ها از طریق جریان بالایی سوم منتقل می شود (۵۱). ارسال پساب جریان سوم بالایی (۵۱) دریافت شده از برج برای حذف بخشهای سنگین (۵) به یک برج تصفیه (۶) ، که ناخالصی هایی مانند اتیلن گلیکول ، ۱،۳-پروپیلن گلیکول و مقدار کمی را از بین می برد از ترکیبات سنگین ، که از طریق جریان پایین چهارم (۶۲) تا محل اتصال با خط سوختن دوم (۵۳) برای سوزاندن و تولید نیرو منتقل می شود ، در حالی که پروپیلن گلیکول با درجه خلوص بالا با استفاده از جریان بالایی چهارم خارج می شود. (۶۱). (45)

راکتور متانسیون (۲۱۴) از یک کاتالیزور مبتنی بر نیکل بر روی آلومینا استفاده می کند ، در یک محدوده دما بین ۲۰۰ درجه سانتیگراد و ۴۵۰ درجه سانتیگراد کار می کند ، در فشار در محدوده ۷۱ تا ۷۱۱ Psi است. (45)

CO و CO₂ در راکتور متانسیون به متان تبدیل می شوند که در واکنش شماره ۲ و ۳ نشان داده میشود.



CO و CO₂ هر دو به عنوان سم برگشت پذیر برای کاتالیزور عمل می کنند ، به طور موقت در مواد فلزی جذب می شوند و عملکرد هیدروژنه سازی آنها را کاهش می دهند. به همین دلیل ، تبدیل و انتخاب کاتالیزور به تدریج کاهش می یابد و ترکیبات سنگین از طریق میعان گلیسیرین که تبدیل نشده است ، بر روی سطح کاتالیزور رسوب می کنند. البته که در همان زمان مزایایی نیز بدست می دهد:

۱) مصرف کمتر گلیسیرین : انتخاب و بهره وری بیشتر

۲) مصرف کمتر هیدروژن: کاهش تصفیه

۳) عملکرد در دماهای پایین تر

۴) کاهش اندازه تجهیزات فرآیند

۵) کاهش هزینه عملیاتی

۶) کاهش مقدار پسابهای مایع و گازی

۷) افزایش زمان کارکرد واحد

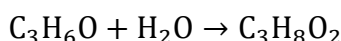
با توجه به ماهیت گرمایی واکنشهای درگیر ، راکتور بستر ثابت (۱) می تواند حاوی بیش از یک کاتالیزور باشد و دارای یک سیستم خنک کننده بین بسترها باشد. پروپیلن گلیکول تولید شده طبق روش حاضر دارای درجه خلوص بالای ۹۹٪ با مقدار کمی ناخالصی است.

۴-۲-۳: روش تولید پروپیلن گلیکول از اکسید پروپیلن و آب با استفاده از کاتالیست اسیدی:

پروپیلن گلیکول را از طریق اکسید پروپیلن در دو مرحله میتوان تهیه نمود در مرحله اول که بنام مرحله فعل و انفعال معروف است اکسید پروپیلن همراه با آب به راکتور وارد می شود. پروپیلن گلیکول از طریق واکنش هیدراتاسیون^{۲۴} پروپیلن اکسید و آب با حضور کاتالیزور سولفوریک اسید در فاز مایع انجام می شود. دمای راکتور حدود ۱۸۱ تا ۱۸۱ درجه سانتیگراد و با فشار آن ۱۴ اتمسفر کنترل می گردد. مخلوط خروجی از راکتور حاوی پروپیلن گلیکول، آب و اکسید پروپیلن به مرحله دوم فرستاده می شود در مرحله دوم که بنام مرحله تفکیک موسوم است اکساید پروپیلن و آب از محصول مطلوب یعنی پروپیلن گلیکول جدا می شود از پروپیلن گلیکول در صنایع غذایی، صنایع دخیانیات و صنایع آرایشی و بهداشتی استفاده می شود. همچنین از پروپیلن گلیکول به عنوان ضد یخ ، حلال و نرم کننده نیز استفاده می شود. در سالهای اخیر از پروپیلن گلیکول به منظور تولید پلی پروپیلن گلیکول در مقیاس وسیع و همچنین در تهیه رزین های پلی استر از آن استفاده می کنند. برای تصفیه پروپیلن گلیکول، فرآیند تقطیر به منظور بدست آوردن محصول پروپیلن گلیکول انجام می شود. (46)

واکنش شماره ۴ تولید پروپیلن گلیکول از پروپیلن و آب را نشان می دهد.

واکنش شماره ۴:



فرایند تولید پروپیلن گلیکول با واکنش بین پروپیلن اکسید و آب، از چند مرحله تشکیل شده است:

۱. مرحله آماده سازی مواد اولیه:

در این مرحله پروپیلن اکسید و آب با متانول ترکیب می شود. کارکرد میکسر در ۳۰ درجه سانتی گراد و با فشار ۱ اتمسفر انجام می شود. مواد خام حاصل از آب فراوری شده در حالی است که پروپیلن در فاز مایع با خلوص ۹۹،۹۵٪ ذخیره می شود و در مخازن با دمای ذخیره ۳۰ درجه سانتیگراد و

و یک یون مثبت (پروتون اسیدی) به دو OH : واکنش هیدراتاسیون همان واکنش آبیگری است. در شیمی آلی، واکنشی است که در آن یک هیدروکسیل گروه Hydration^{۲۴} اتم کربن افزوده می شود.

فشار ۱ اتمسفر ذخیره می شود. مخلوط کردن در میکسر شامل جریان بازیافتی از بالای دکاتر (decanter)^{۲۵} است. در نتیجه از میکسر در راکتور جریان هم زده قرار می گیرد. (46)

۲. مراحل انجام واکنش:

با استفاده از بهینه سازی تعداد راکتورها، ۲ قطعه راکتور استفاده می شود. در راکتور اول مقدار تبدیل خروجی ۹۰٪ و راکتور دوم ۹۹٪ تبدیل دارد. واکنش هیدراتاسیون برای واکنش مواد اولیه اکسید پروپیلن با آب در راکتور که در شرایط کار ۳۰ درجه سانتیگراد و فشار ۱ اتمسفر واکنش نشان می دهند، در نظر گرفته شده است. در راکتور کاتالیزور اسید سولفوریک اضافه شده است. پس از تبدیل ۹۰٪، نتایج به منتقل می شود و تا تبدیل به ۹۹٪ افزایش یابد. از آنجاییکه واکنش گرمازا است، لازم است سیستم خنک کننده ای برای حفظ حرارت پایدار وضع شود. (46)

۳. مرحله خنثی سازی

سپس مخلوط محصول در راکتور برای دریافت سولفوریک به--- منتقل می شود. کاتالیزور اسیدی برای استفاده مجدد محصولات تولید شده از به خنثی کننده منتقل می شوند تا محصولات دارای مقدار کمی اسید سولفوریک باشند. در خنثی کننده، اسید سولفوریک با افزودن جریان NaOH از واحد خنثی می شود. (46)

۴. مرحله تصفیه محصولات

در این مرحله با هدف خالص سازی محصول با اکسید پروپیلن و متانول مخلوط می شود و بدست می آید. محصولی از ورودی خنثی کننده در دکاتر برای رسوب سولفات سدیم تشکیل می شود، سپس نتایج بدست آمده به صورت مایع به--- اضافه می شود تا اکسید پروپیلن، متانول، آب و پروپیلن گلیکول جدا شود. محصول بدست آمده (پروپیلن اکسید - متانول) در بازیافت دوباره به مخلوط کن و محصولات پایین (پروپیلن گلیکول-آب) به دستگاه خورنده می شود تا خلوص ۹۹,۹۹٪ بدست آید. (46)

۵-۲-۳: کاربرد پروپیلن گلیکول:

پیش بینی می شود بازار پروپیلن گلیکول در طول دوره پیش بینی به طور قابل توجهی رشد کند زیرا در بخشهای مختلف مانند غذا و نوشیدنی، مراقبتی پوستی به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرد. پروپیلن گلیکول مایعی هیدروسکوپی است که از واکنش پروپیلن اکسید با آب تولید می شود. این محصول ماهیت سمی ندارد و از نظر شیمیایی خنثی است و باعث می شود گزینه مناسبی برای بیشتر محصولات شخصی و زیبایی باشد. افزایش سرمایه گذاری در بخش داروسازی به دلیل شیوع بیماری های مزمن در سراسر جهان و کاربرد آن به عنوان ماده جانبی در داروها، نرخ رشد بازار پروپیلن گلیکول را تشدید می کند. (32)

همچنین افزایش جمعیت سالمندان در سراسر جهان باعث افزایش هزینه ها در بخش دارویی خواهد شد. پیش بینی می شود که تا سال ۲۰۵۰ دو میلیارد نفر بالای ۶۰ سال در جهان باشند. به منظور پاسخگویی به نیاز این جمعیت مقدار دارو های تجویز شده به مراتب بیشتر شده و از آنجاییکه پروپیلن گلیکول نیز ماده جانبی در تولید دارو ها مباح باشد، پیش بینی شده که رشد پروپیلن گلیکول افزایش یابد. حضور فزاینده مارک های جهانی در کشورهای در حال توسعه، تقاضای محصولات زیبایی و مراقبت های شخصی در سراسر جهان در حال افزایش است. این میزان تقاضا سبب افزایش تولیدات پروپیلن گلیکول در جهان است. زیرا از آن به عنوان امولسیون کننده در این دسته از محصولات استفاده می شود. (32)

از پروپیلن گلیکول PG برای ساخت رزین های پلی استر غیر اشباع (UPR)، مایعات چرب کننده و ضد یخ، مواد خنک کننده صنایع غذایی، مواد شوینده غیر یونی، نرم کننده ها و مایعات ترمز هیدرولیکی استفاده می شود. این ماده همچنین یک حلال و استخراج کننده عالی است و به عنوان ماده مرطوب کننده استفاده می شود. در درجه اول ماده پروپیلن گلیکول در صنایع ساخت و ساز، دریایی و حمل و نقل مصرف می شود. تقریباً سه چهارم UPR با پرکننده های الیاف شیشه یا مواد معدنی تقویت می شود و پلاستیک های تقویت شده الیاف شیشه FRP را تشکیل می دهد که کامپوزیت های سخت و سبک هستند. یکی دیگر از موارد عمده استفاده از PG استفاده از آن به عنوان ماده ای در خنک کننده های موتور، مایعات چرب کننده و ضد یخ است. این ماده در فرمول قطره های اشک مصنوعی نیز به عنوان ماده اولیه کاربرد دارد. پروپیلن گلیکول نظیر اتیلن گلیکول می تواند نقطه ی انجماد آب را پایین بیاورد، این خاصیت موجب شده تا در بسیاری سوخت های مثل سوخت هواپیما برای جلوگیری از یخ زدگی استفاده شود. این ماده جایگزین اتیلن گلیکول به عنوان مایعات پایه برای فرمولاسیون های هواپیما سازی و ماده خنک کننده در صنایع غذایی شده است. پروپیلن گلیکول به دلیل سمیت بسیار پایین به اتیلن گلیکول ترجیح داده می شود. PG درجه صنعتی در تولید پلی گلیکول برای مایعات هیدرولیکی و ترمز استفاده می شود. از پروپیلن گلیکول به عنوان حلال و مواد استخراج کننده استفاده می شود. کاربردهای حلال شامل رزین های آلکیدی، جوهرهای چاپ است. (32)

^{۲۵} یک دستگاه جداشونده است که برای نگهداشتن جریان مایعات که ممکن است دارای رسوب باشد مورد استفاده قرار می گیرد. دکاترها که شکل و طراحی متنوعی دارند، به طور سنتی از شیشه یا کریستال ساخته شده اند.

۳-۲-۶: بازار جهانی و داخلی پروپیلن گلیکول:

بررسی ها نشان داده شده که بازار جهانی پروپیلن گلیکول تا سال ۲۰۱۹ ۳,۸ میلیارد دلار بوده ایست و پیش بینی می شود شود بازار پروپیلن گلیکول در طول دوره ۲۰۱۹-۲۰۱۴ به دلیل کاربرد های فراوان این ماده در گرید های مختلف، طور قابل توجهی رشد کند و اندازه بازار پروپیلن گلیکول در جهان تا سال ۲۰۲۴ به ۴,۷ میلیارد دلار برسد. (47)

بازار پروپیلن گلیکول در آسیا و اقیانوس آرام در طول دوره پیش بینی رشد قابل توجهی به دلیل شهرنشینی سریع و صنعتی شدن داشته باشد. علاوه بر این، رشد منطقه به طور عمده به افزایش سرمایه گذاری در صنایع مختلف مانند خودرو، دارو، مواد شیمیایی، ساخت و ساز و غذا و نوشیدنی ها در کشورهای مانند چین و هند مربوط می شود (48). بازار پروپیلن گلیکول در آمریکای شمالی، با افزایش سرمایه گذاری در بخش ساخت و ساز و زیرساخت در ایالات متحده همراه با رشد صنایع داروسازی و مواد غذایی و نوشیدنی انتظار رشد آن می رود. همچنین افزایش تقاضا برای ضد یخ و رشد رنگ و پوشش و صنعت مراقبت شخصی در کشورهای اروپایی عامل اصلی رشد بازار اروپایی یکپارچه پروپیلن گلیکول در آینده نزدیک خواهد بود. (49)

مصرف جهانی پروپیلن گلیکول به طور متوسط ۲,۰ تا ۵/۵ درصد در سال در طی سالهای ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۴ ادامه خواهد یافت. نرخ رشد بالاتر از متوسط در مناطقی مانند سرزمین اصلی چین، کره، شبه قاره هند و آسیای جنوب شرقی مشاهده می شود، مناطقی که پیش بینی می شود رزین های پلی استر اشباع نشده، مواد آرایشی و محصولات مراقبت شخصی در این بازه به بیشترین میزان تقاضا برسد. (47) (48)

در توضیح بازار داخلی پروپیلن گلیکول، طی سه سال گذشته حدود ۱۶۰۰۰ تن از این ماده وارد ایران شده است. این ماده شیمیایی در ایران به صورت گسترده دارای شرکت های تامین کننده است و تنها با داشتن تامین کنندگان در کشور، بازار داخلی خود را حفظ کرده است. بیشترین مقدار واردات که زیر نظر شرکت های تامین کننده ی داخلی است، از کشورهای چین و کره بوده است.

بازار تولیدات پروپیلن گلیکول در جهان به طور کلی شامل کشورهای، آمریکای شمالی، اروپا، آمریکای جنوبی و آسیا است. جدول زیر خلاصه ای از بازار این ماده را گزارش می کند. (48) (49)

جدول ۳-۲۱: بازار تولیدات پروپیلن گلیکول در جهان

گزارش	جزئیات
دوره پیش بینی شده	۲۰۱۹-۲۰۲۴
مناطق تحت پوشش	APAC، آمریکای شمالی، اروپا، خاورمیانه و آفریقا و آمریکای جنوبی
اصلی ترین کمپانی های تولید کننده	(ایالات متحده) Dow Chemical (هلند) LyondellBasell Industries N.V (آلمان) BASF SE (ایالات متحده) Archer Daniels Midland (چین) Global Bio-chem Technology Group Co., Ltd. (ایالات متحده) DuPont Tate & Lyle Bio Products, LLC (کره جنوبی) SKC Co., Ltd. (ایتالیا) Temix International S.R.L. (سوئیس) Ineos Oxide

کشور های تولید کننده پروپیلن گلیکول که وارد کننده این ماده به کشور هستند، در جدول ۳-۲۳ آمده است. (50)

جدول ۳-۲۲: کشور های واردکننده پروپیلن گلیکول به ایران

کشور مبدا (وارد کننده)	سال ۲۰۱۷	سال ۲۰۱۸
چین	۴۲۱۵ تن	۶۶۱۴ تن
کره جنوبی	۴۲۹۱ تن	۱۰۹۳ تن
امارات	۸۴۶ تن	۹۳۰ تن
هند	---	۵۳۴ تن
ایتالیا	۲۴ تن	۱۵۴ تن
ترکیه	۱۵۱ تن	۱۲۷ تن
آلمان	---	۱۰۴ تن

ایران نیز صادرات اندکی به کشور های ترکیه، افغانستان و عراق دارد. مقدار صادراتی نیز در جدول ۲۴-۳ آمده است. (51)

جدول ۲۳-۳: مقدار صادرات پروپیلن گلایکول ایران

کشور مقصد	سال ۲۰۱۶	سال ۲۰۱۷	سال ۲۰۱۸
ترکیه	---	---	---
افغانستان	---	۹ تن	---
عراق	---	۱۰۳ تن	۴۰ تن

۳-۳: استتاریک و پالمیتیک اسید

استتاریک اسید و پالمیتیک اسید بر اساس گفته (IUPAC) آیوپاک^{۲۶} اسید چرب اشباع شده است که فراوان ترین نوع اسید چرب در طبیعت به شمار می روند. این ماده به دلیل فراوانی در طبیعت در صنایع آرایشی، داروسازی، پلاستیک، صابون سازی و بسیاری از صنایع دیگر مورد استفاده قرار میگیرند. (53) (52)

۱-۳-۳: خواص فیزیکی و شیمیایی استتاریک اسید و پالمیتیک اسید:

اسید استتاریک تجاری مخلوطی از استتاریک اسید و پالمیتیک اسید به مقدار مساوی و مقدار کمی اولئیک اسید است و از آن در ساخت شمع ها ، لوازم آرایشی ، صابون های اصلاح ، روان کننده ها و دارو ها استفاده می شود (53) (52) (54) .

جدول ۲۴-۳: خواص شیمیایی استتاریک اسید

فرمول شیمیایی	ساختار	جرم مولی	دانسیته	نقطه ذوب	نقطه جوش
C ₁₈ H ₃₆ O ₂		284.5 g/mol	0.847 g/mol ³	69.6 °C	383 °C

جدول ۲۵-۳: خواص شیمیایی پالمیتیک اسید

فرمول شیمیایی	ساختار	جرم مولی	دانسیته	نقطه ذوب	نقطه جوش
C ₁₆ H ₃₂ O ₂		256.42 g/mol	0.853 g/mol ³	69.2 °C	352 °C

استتاریک اسید به طور عمده در تولید مواد پاک کننده ، صابون ها ، لوازم آرایشی مانند شامپو ها و کرم های اصلاح استفاده می شوند . از استتاریک به همراه روغن کرچک برای تولید نرم کننده ها برای مصارف نساجی استفاده می شود. ارزان بودن ، در دسترس بودن و همچنین بی خطر بودن اسید استتاریک باعث می شود در صنایع مختلف مانند شمع سازی ، به عنوان قوام دهنده در ترکیب شکر ساده و شربت ذرت برای تولید آبنبات استفاده می شود . همچنین برای تولید مکمل های غذایی کاربرد داشته باشد (55) .

در آتش بازی ، اغلب برای پوشش پودر فلزات مانند آلومینیوم و آهن از آن استفاده می شود . این کار مانع اکسیداسیون فلزات می شود و اجازه می دهد این ترکیب ها برای مدت زمان بیشتری نگه داری شوند. این اسید یک روان کننده ی رایج در پروسه ی تزریق و پرس کردن پودر های سرامیکی است (54) (53) .

معمولا از آن به عنوان یک قالب قابل انعطاف برای فوم لاتکس استفاده می شود که در قالب های سنگی پخته می شود. این اسید بی رنگ و جامد مومی شکل است که تقریبا در آب نامحلول است. فرمول شیمیایی آن CH₃(CH₂)₁₆CO₂H است . نام آن از یک کلمه ی یونانی به معنی خاکستر گرفته شده است . نمک ها و استر های استتاریک اسید ، استتارات نامیده می شوند (55) . اسید استتاریک بعد از پالمیتیک اسید رایج ترین اسید چرب اشباع شده ی موجود در طبیعت است. استتاریک در بسیاری از چربی ها و روغن های گیاهی و روغن های حیوانی وجود دارد ، اما در چربی های حیوانی (تا ۳۰٪) بیشتر از چربی های گیاهی (معمولا ۵٪) است. اسید استتاریک از به عمل آوردن این چربی ها و روغن ها با آب و فشار و دمای بالا (بیش از ۲۰۰ درجه سانتیگراد) تهیه می شود که منجر به هیدرولیز تری گلیسیرید می شود . سپس مخلوط حاصل تقطیر می شود . (56)

به طور خلاصه، اسید استئاریک تجاری با جداسازی و هیدروژناسیون چربی ها بدست می آید و به طور معمول ترکیبی از اسید استئاریک و اسید پالمیتیک است. اسید استئاریک در دمای اتاق جامد است و از ویژگی های چربی برخوردار است و یکی از رایج ترین اسیدهای چرب اشباع موجود در طبیعت است. هیدرولیز کردن روغن یک اصطلاح کاربردی برای عملیاتی است که در آن آب با روغن واکنش می دهد تا گلیسرول و اسیدهای چرب تشکیل شود. از آنجا که آب و روغن در دمای پایین نامحلول هستند، واکنش در این شرایط بسیار کند است. (56) (55)

این ماده از طریق افزودن اسید به چربی حیوانی به همراه آب در فشار و دمای بالا پدید می آید که این فرایند، منجر به هیدرولیز تری گلیسیریدها می گردد. اسید استئاریک همچنین می تواند از طریق هیدروژنه کردن برخی از روغن های گیاهی اشباع نشده به دست آمده باشد. اسید استئاریک، دستخوش انواعی از واکنش های معمول و تیپیک از اسیدهای اشباع شده کربوکسیلیک اسید می گردد، از جمله کاهش یافتن به الکل استئاریل *stearyl alcohol* استری شدن یا استریفیکاسیون *esterification*، با طیف وسیعی از الکلهای. این ماده در همراهی با روغن کرچک برای تهیه نرم کننده پارچه و اندازه بندی (سایزینگ) آن، استفاده می شود. ترکیب این دو ضمن مخلوط شدن با پتاس سوزاننده یا سودای سوزاننده، حرارت داده می شود. اسید استئاریک (*Stearic acid*) ترکیبی آلی است که عموماً از چربی حیوانات و گیاهان استخراج می شود. از کاربردهای عمده این محصول به استفاده در لاستیک سازی، تولید مواد آرایشی بهداشتی، پزشکی، تولید مواد شوینده، در شمع سازی و... می توان اشاره کرد. محصول فوق با نماد SA یک اسید چرب اشباع شده به صورت پودر سفید رنگ، دارای فرمول شیمیایی $C_{18}H_{36}O_2$ است. اسید استئاریک یک اسید چرب امولسیون می که به اسید اکتادکانیک نیز شناخته می شود، جزء مهمی از چربی های لایه ای کروم است.

اسید استئاریک نیز در کره کاکائو و سایر چربی های گیاهی و نیز چربی حیوانات یافت می شود. به عنوان یک عنصر تایید شده توسط FDA در چندین محصول آرایشی، به عنوان یک عامل سورفاکتانت و امولسیون کننده برای عطر و به عنوان پایه ای برای سایر اسید های چرب موجود در رطوبت و روان کننده ها استفاده می شود. اسید استئاریک اغلب برای ضخیم شدن و حفظ شکل صابون (به طور غیر مستقیم، از طریق پاکسازی تری گلیسیرید تشکیل شده از اسید استری) استفاده می شود و همچنین در شامپو، کرم لایه بردار و مواد شوینده استفاده می شود. شواهد محدودی برای پتانسیل اسید استئاریک تولید شده در خارج وجود دارد که نقش مهمی را به عنوان یک عامل درمانی موضعی تصور می شود که اسید استئاریک با پلان های نمکی با کلرید آمونیوم ارتباط داشته باشد و اعتقاد بر این است که این ترکیب توانایی ساخت حباب را دارد. (55)

در سال ۲۰۰۰ محققان اثرات فرمولاسیون کرمی بر سوختگی های شیمیایی در موش ها بر اساس گزارش ها مبنی بر اینکه مواد تشکیل دهنده، اسید استئاریک، با فعالیت ضد ویروسی و ضد التهابی همراه بوده است. در بخش بعد، روش های تولیدی استئاریک اسید با جزئیات شرح داده شده است.

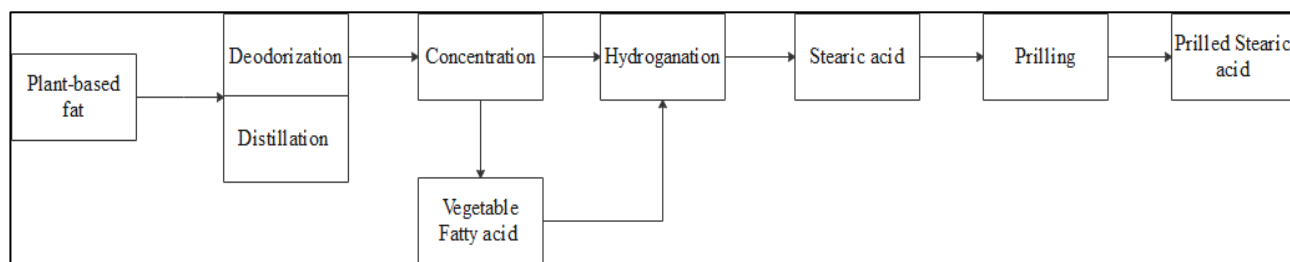
۲-۳-۳: بررسی اجمالی تکنولوژی و روش های تولید استئاریک اسید:

این اختراع در تاریخ ۲ می ۲۰۱۶ توسط کشور آمریکا و مخترع Eric E. Lofquist به ثبت رسیده است. (57)

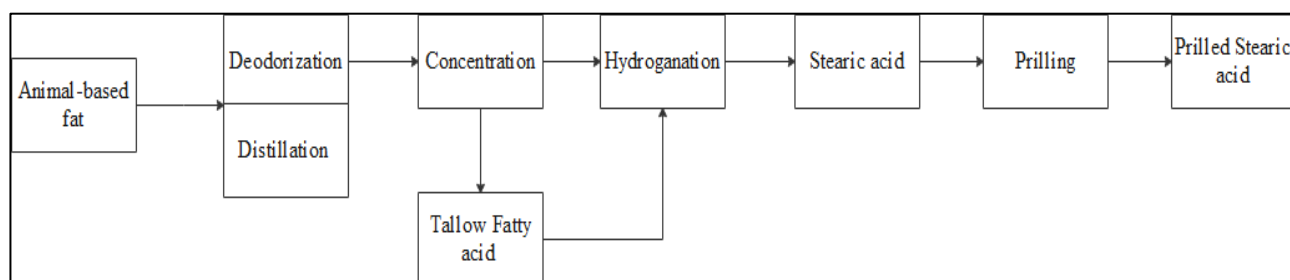
۳-۳-۳: روش تولید استئاریک اسید از منابع گیاهی و حیوانی:

در این مقاله، به چند تکنیک برای تهیه فرایند استئاریک اسید از منابع حیوانی و گیاهی اشاره شده است. ۱. گند زدایی و تقطیر هرگونه چربی. ۲. تغلیض کردن اسید های چرب از چربی. ۳. هیدروژنه کردن اسید های چرب برای تولید اسید استئاریک. همانطور که ذکر شد این فرایند ممکن است شامل استفاده از محصولات گیاهی و حیوانی باشد. این روند همچنین ممکن است شامل تقطیر اسید استئاریک برای تهیه اسید پالمیتیک و / یا اسیدهای چرب کاملاً هیدروژنه باشد. اسید چرب حیوانی، اسید چرب گیاهی، استئاریک اسید و پالمیتیک اسید از فرایند شرح داده شده بدست می آیند. استئاریک اسید از اسیدهای چرب درجه اول تشکیل شده است. استئاریک اسید یک اسید چرب اشباع شده و مانند موم سخت است. بسته به کاربرد نهایی، اسید استئاریک ممکن است در درجه های مختلف تولید شود. اسید استئاریک ممکن است در صنایع لاستیک، داروسازی، آرایشی، بسته بندی مواد غذایی، صابون، مواد شوینده، پوشش ها، روان کننده ها استفاده شود. اسید استئاریک با کاربرد در صنعت لاستیک ممکن است به عنوان ماده پراکندگی در ساخت لاستیک یا سایر کاربردهای نوع صنعتی مورد استفاده قرار بگیرد. به طور کلی، گرید لاستیکی این ماده ممکن است نسبت به سایر گریدهای اسید استئاریک به عنوان مثال حدود ۲۰٪ تا حدود ۶۵٪ اسید استئاریک از نظر وزن دارا باشد. اسید استئاریک همچنین ممکن است با مقدار بالاتر اسید استئاریک برای سایر کاربردها تولید شود. به عنوان مثال، اسید استئاریک دیگر گرید ها ممکن است از نظر وزن شامل حدود ۷۰٪ تا حدود ۹۰٪ اسید استئاریک باشند. (57)

مراحل معمول در تولید استئاریک اسید ممکن است به شرح مقابل باشد: ۱) هیدرولیز چربی یا روغن برای تولید ترکیبی از اسیدچرب و گلیسرین. ۲) جداسازی اسید چرب و گلیسرین. ۳) خالص سازی و جداسازی مخلوط اسید چرب به دو مخلوط. هیدرولیز چربی که نام دیگر این فرایند همان صابون سازی است، بر رو چربی یا روغن برای تولید مخلوطی از اسیدچرب و گلیسرین استفاده می شود. جداسازی اسید چرب و گلیسرین یا اسیدی کردن در مرحله دوم انجام می شود. خالص سازی و جداسازی مخلوط اسید چرب به دو مخلوط به عنوان مرحله آخر در دستور کار قرار میگیرد که این مرحله به طور معمول شامل روش تقطیر می باشد. (57) در دو شکل ۴۰-۳ و ۴۱-۳ به اختصار به روند تولید استئاریک اسید با منبع گیاهی و حیوانی اشاره شده است.



شکل ۳- ۳۹: تولید استتاریک اسید از منبع گیاهی



شکل ۳- ۴۰: تولید استتاریک اسید از منبع حیوانی

چربی منبع تهیه شده در فرآیند شرح داده شده در شکل ممکن است شامل چربی ها یا روغن ها باشد. در یک فرایند، چربی منبع (مواد اولیه برای فرآیند) ممکن است از منابع حیوانی سرچشمه بگیرد. در فرایندی دیگر، چربی منبع ممکن است از منابع گیاهی باشد. چربی مبتنی بر حیوانات ممکن است از یک یا چندین منبع حیوانی تهیه شود. در یک فرایند این چینی، منابع حیوانی ممکن است شامل چربی مرغ، خوک، گاو، بز، بره، اردک، غاز، اسب و ماهی باشد. چربی مبتنی بر گیاهان ممکن است شامل چندین منبع گیاهی باشد. در یک فرایند این چینی، منابع گیاهی ممکن است شامل گل، علف و سایر پوشش های گیاهی و یا دانه ها باشد. (57)

در فرایند های نشان داده شده در شکل های بالا، چربی گیاهی یا حیوانی تحت دفع زدایی (Deodorization (58) و تقطیر (Distillation) قرار می گیرد. برای مثال چربی منبع تا ۳۰۰ درجه فارنهایت (۱۴۸ درجه سانتی گراد) حرارت می بیند و سپس در محل خلا قرار می گیرد. طی این مرحله، ترکیبات سبک از محصول خارج شده و بوهای نامطبوع مرتبط با چربی منبع کاهش یافته یا به کلی از بین می رود. (57) برای از بین بردن برخی آلاینده ها می توان از تقطیر استفاده کرد. در یک فرایند، آلودگی ها می توانند شامل آب باشد. یا آلاینده ها می توانند شامل مواد غذایی، خاک، مواد ثانویه یا سایر آلاینده ها شوند. به عنوان نمونه، به دلیل حساسیت بالقوه اسیدهای چرب به گرما، تقطیر ممکن است در دمای مناسب که برای محصول و فرایند مورد نظر عملی باشد، انجام شود. نوع گرمایش کاربردی و زمان تماس کوتاه بسته به نوع اسید چرب منبع و مشخصات مورد نظر اسید چرب می تواند متفاوت باشد. در یک فرایند، تقطیر ممکن است در حدود ۲۵۰ درجه فارنهایت (۱۲۰ درجه سانتیگراد) تا حدود ۳۰۰ درجه فارنهایت (۱۴۸ درجه سانتیگراد) رخ دهد. یا تقطیر ممکن است تحت یک خلاء جزئی اتفاق بیفتد. در فرایند دیگر، تقطیر تحت خلاء جزئی ممکن است فشار حدود ۵ میلی متر جیوه یا کمتر داشته باشد و رطوبت ممکن است به وزن ۰٫۳ یا کمتر از ۰٫۳٪ کاهش یابد. در فرایندی دیگر، رطوبت ممکن است به وزن حدود ۱٫۰٪ و یا کمتر شود یا میزان رطوبت ممکن است به وزن حدود ۰٫۲ درصد یا کمتر شود. (57)

به نوعی دیگر، مانند تقطیر بسته یا دیفرانسیلی در فشار اتمسفر، مخزن تقطیر توسط اسید پر می شود در حدود ۲۶۰ تا ۳۱۶ درجه سانتی گراد گرم می شود. علاوه بر این، در برخی از اجراها از روش تقطیر ممکن است شامل کار با فشار کم، مانند طیف وسیعی از پنج تا پنجاه میلیمتر جیوه (۵-۵۰ میلی متر جیوه) باشد و اسید چرب منبع را می توان در محدوده ۲۰۰ درجه تا گرم کرد. ۳۵۰ درجه فارنهایت (به عنوان مثال، ۹۳ درجه تا ۱۷۷ درجه فارنهایت). در اجرای دیگر، تقطیر ممکن است تحت فشار بسیار کم انجام شود (به عنوان مثال، خلاء به اندازه عملی قابل انجام است) و اسید چرب منبع را می توان در محدوده ۴۰۰ تا ۵۰۰ درجه فارنهایت گرم کرد (به عنوان مثال، ۲۰۴ تا ۲۶۰ درجه سانتیگراد) در اجرای دیگر مانند تقطیر مداوم، منبع گرم شده است. به عنوان مثال، ممکن است بیشتر توسط بخار گرم شود. در این اجرا، فشار کم (به عنوان مثال، خلاء جزئی) در محفظه واکنش و دمای خوراک می تواند منجر به تقطیر نسبتاً لحظه ای اسیدهای چرب شود. در این اجرا، خلاء جزئی در محدوده تقریباً سی تا سی و پنج میلی متر جیوه، و درجه حرارت از ۱۹۶ تا ۲۶۰ درجه فارنهایت حفظ می شود (به عنوان مثال، ۹۱ تا ۱۲۷ درجه سانتیگراد). به عنوان نمونه، مدت اقامت اسیدهای چرب در فضای واکنش ممکن است حدود سی دقیقه باشد. (57)

تقطیر بسته یا تقطیر دیفرانسیلی یا تقطیر ناپیوسته (Batch distillation) نوعی از عمل تقطیر است که در آن مخلوط جداسازی داخل مخزنی ریخته شده و پس از جداسازی اجزاء مجدداً مخلوط کم شده اضافه می شود. این روش تقطیر نقطه مقابل تقطیر پیوسته است که کاربرد وسیع صنعتی دارد و در آن خوراک مرتباً وارد و به همان میزان جرم از داخل برج تقطیر محصول جداسازی شده خارج می شود. (60)

به عنوان مثال در این فرایند، نتیجه از دفع زدایی و تقطیر اسید چرب از منبع چربی است. فرایند تقطیر به عنوان نمونه، فرایند تقطیر خلاء ممکن است در دامنه کمتر از ده میلی متر جیوه تا صد و هشتاد (۱۸۰) میلی متر جیوه رخ دهد. در یک اجرا، تقطیر خلاء ممکن است در دمای حداقل در حدود ۴۰۰ درجه فارنهایت رخ دهد. (۲۰۰ درجه سانتیگراد). با این حال، به عنوان مثال، بسته به میزان رطوبت مورد نظر، مدت قرار گرفتن ممکن است در طیف وسیعی از ۱۹۶ تا ۵۰۰ درجه فارنهایت (درجه حرارت ۹۱ تا ۲۶۰ درجه سانتیگراد) باشد. خلاء اعمال شده است. در اجرای دیگر ممکن است از برج تقطیر یا ستون تقطیر استفاده شود. در اجرای دیگر، می توان از تراکم جریان بخار برای اسیدهای چرب استفاده کرد. در یک اجرای، اسیدهای چرب غلیظ از چربی منبع ممکن است حداقل در حدود ۹۰٪ محصول از این مرحله باشد. در اجرای دیگر، اسیدهای چرب غلیظ ممکن است حداقل در حدود ۹۶٪ محصول از این مرحله باشد. اسیدهای چرب غلیظ ۱۸۰، ۱۹۰ در این مرحله ممکن است بسته به منبع چربی، به عنوان یک محصول چرب اسید چرب یا یک محصول اسید چرب مبتنی بر گیاه تهیه شود. در یک اجرای، غلظت ۱۳۰ اسیدهای چرب شرح داده شده در این مرحله ممکن است از طریق یک فرایند مداوم انجام شود، مانند آنچه در بالا توضیح داده شد. به عنوان مثال، از این فرایند می توان برای جداسازی اسیدهای چرب، گلیسرین و تری گلیسیرید استفاده کرد. (57)

با توجه به شکل ۳-۴۱، بعد از غلظت، ممکن است یک اسید چرب در صورت استفاده از چربی حیوانات تهیه شود در چنین فرایندی، اسیدهای چرب ممکن است ترکیبی از انواع اسیدهای چرب باشند. چنین مخلوطی می تواند شامل اسید پالمیتیک (تقریباً در بیست و پنج تا سی درصد) باشد. در حالتی دیگر، چنین مخلوطی می تواند شامل اسید استئاریک در حدود چهارده تا هفتاد و پنج درصد باشد. و در حالتی دیگر، پس از تقطیر جز به جز، چنین مخلوطی می تواند شامل استئاریک اسید تا حدود (۹۰٪) باشد. (57)

باتوجه به شکل ۳-۴۰، بعد از غلظت ممکن است اسیدهای چرب گیاهی تهیه شود. اسیدهای چرب گیاهی ممکن است ترکیبی از اسیدهای چرب از روغنهای گیاهی (به عنوان مثال، روغن سویا یا روغنهای دیگر) باشد. در یک اجرا، چنین مخلوطی که از روغنهای گیاهی استفاده شده است و ممکن است اسید پالمیتیک (۸۰٪) از کل ماده تشکیل دهد.

علاوه بر این، در نمونه های شکل ۳-۴۱ و ۳-۴۰، یک مرحله هیدروژناسیون ممکن است رخ دهد. مواد اولیه برای فرایند هیدروژن سازی می تواند اسید چرب غلیظ حاصل از را تشکیل دهد. در مرحله هیدروژناسیون، هیدروژن برای اشباع ترکیبات اضافه می شود. هیدروژناسیون می تواند منجر به تولید استئاریک اسید شود، به عنوان مثال، یک اسید چرب کاملاً اشباع را تشکیل دهد. هیدروژناسیون ممکن است محصول اسید چرب را از غلظت مرحله به اسید استئاریک ۱۵۰ تبدیل کند. هیدروژناسیون ممکن است شامل افزودن گاز هیدروژن به اسید چرب و در نتیجه تولید اسید استریک باشد. کاتالیزور ممکن است علاوه بر گاز هیدروژن برای تبدیل محصول اسید چرب به استئاریک اسید مورد استفاده قرار گیرد. یک کاتالیزور مبتنی بر نیکل ممکن است در حضور واکنش با حضور هیدروژن به فرایند هیدروژناسیون را آغاز شود، در نتیجه اسید استئاریک اشباع نشده به یک اسید چرب اشباع (به عنوان مثال، اسید چرب کاملاً هیدروژنه بلند) تبدیل می شود. (57)

اسید استئاریک حاصل از هیدروژناسیون می تواند با انواع خلوص تشکیل شود. در یک اجرای، اسید استئاریک ممکن است استئاریک اسید با گرید مربوط به صنایع لاستیک باشد. اسید استئاریک تولید شده ممکن است حداقل ۹۰٪ اسید استئاریک یا در حالتی دیگر حداقل ۸۰٪ اسید استئاریک یا حداقل ۷۰٪ اسید استئاریک باشد. پس از فرایند هیدروژناسیون فرآورده های اضافی ممکن است رخ دهد. این فرایند همچنین ممکن است شامل تقطیر اسید استئاریک به منظور تهیه سایر محصولات باشد. (57)

سپس استئاریک اسید در این مرحله تحت فرایند خنک کنندگی قرار گرفته است. فرایندی است که به موجب آن ذوب مواد لیپوفیلیک (چربی دوست) غالباً برای افزودن روکش اضافی به یک ذره جامد استفاده می شود و سپس در یک جریان از گاز سرد پراکنده می شود تا باعث تحکیم قطرات شود. این فرایند منجر به تولید ورژنی گلوله ای از مواد می شود. به عنوان مثال یک جسم توده ای به طور معمول شامل یک کره جامد است که می تواند از یک مایع ذوب شده تشکیل شود.

ممکن است کارایی این مرحله امکان دستیابی آسانتر در برنامه های خاص را فراهم کند در طی فرایند یک فرم مایع از اسید چرب (به عنوان مثال، تا ۱۰ درجه فارنهایت بالاتر از نقطه ذوب اسید چرب) می تواند در محفظه ای قرار بگیرد که در دمای مطلوب باشد. به عنوان مثال، دمای دلخواه مورد نظر ممکن است حدود ۳۰ تا حدود ۵۰ درجه فارنهایت را تشکیل دهد (از ۲ تا حدود ۱۰ درجه سانتیگراد) بعلاوه، در یک اجرا محفظه خنک کنندگی ممکن است تبادلاً متقابل (countercurrent)^{۲۷} (مثلاً خلاف جریان استئاریک اسید مایع) جریان هوا را تشکیل دهد، که ممکن است در دمای پراکندگی مورد نظر نیز سرد شود. در این مثال، اسید چرب مایع را می توان در بالای یک محفظه سرد (prilling) (به عنوان مثال برج) معرفی کرد، یک جریان هوای سرد می تواند به محفظه وارد شود و یک اسید چرب پراکنده شده حاصل از آن تولید می شود. (57)

^{۲۷} تبادلاً متقابل که طی آن دو جریان که در جهت مخالف هم حرکت می کنند با یکدیگر تبادلاً انرژی یا ماده می کنند. (101)

چربی منبع مورد استفاده در این فرایند همچنین ممکن است حاوی هر دو چربی مبتنی بر حیوانات و چربی گیاهی باشد. در یک اجرای ، چربی مبتنی بر حیوانات و چربی گیاهی ممکن است محصولی باشد که به عنوان چربی قهوه ای (Brown grease)²⁸ یا چربی دامی شناخته می شوند، که ممکن است حاوی آب و سایر آلاینده ها باشد، اما همچنین دارای مقادیر زیادی اسید چرب آزاد است. چربی قهوه ای ممکن است از منابع گیاهی یا حیوانی یا ترکیبی از منابع متعدد منشأ شود. یا ممکن است حاوی آلاینده های دیگری مانند آب ، خاک ، مواد غذایی ، مواد ثانویه و سایر مواد نیز باشد. اغلب ، چربی قهوه ای از ایستگاه های جمع آوری یا در محل های دفن زباله یا سوزاندن قرار می گیرد. علاوه بر این ، انواع چربی قهوه ای ، مقادیر و مخلوط ها ممکن است متفاوت باشد. اگرچه چربی قهوه ای ممکن است یک محصول مشترک باشد که اجزای متنوعی را شامل می شود ، ممکن است ترکیبی از هیدروکربن های با ارزش (به عنوان مثال، اسیدهای چرب) باشد ، که ممکن است در یک یا چند فرایند شرح داده شده در اینجا استفاده شود.(57)

با توجه به فرایندی که در شکل ۳-۴۱ و ۳-۴۰، چربی منبع ممکن است از چربی های حیوانی و چربی گیاهی تشکیل شده باشد. چربی و / یا چربی گیاهی با پایه ممکن است به عنوان چربی زرد تهیه شود. به عنوان مثال ، گریس زرد اغلب به عنوان روغن پخت و پز یا همان روغن نباتی استفاده شده ، روغن نباتی بازیافت شده یا روغن نباتی محصول مشترک گفته می شود که می توان از روغن های سرخ شده استفاده شده از سرخ کن ها بدست آید. گریس زرد می تواند یک یا بیشتر از چربی های حیوانی و چربی گیاهی را که از فرایند پخت و پز باقیمانده اند، تشکیل دهد. به عنوان نمونه ، گریس زرد ممکن است آلودگی کمتری نسبت به گریس قهوه ای داشته باشد. اگرچه چربی زرد نیز ممکن است یک محصول مشترک باشد ، گریس زرد نیز می تواند ترکیبی از هیدروکربن های با ارزش بالا باشد که ممکن است در فرایند شرح داده شده در اینجا استفاده شود.(57)

استتاریک اسید در این مرحله مورد تقطیر قرار می گیرد تا پالمیتیک اسید موجود در ماده را از بین ببرد. در شکل می توان مراحل این فرایند را مشاهده کرد. تقطیر پالمیتیک، اشاره به فرایندی دارد که توسط اسید استتاریک برای حذف پالمیتیک اسید انجام می شود. این تقطیر همان تقطیر جز به جز است. به عنوان یک نمونه از تقطیر جز به جز ، نقطه جوش معمولی اسید پالمیتیک ۳۵۱ درجه سانتیگراد و ۳۷۵ درجه سانتیگراد برای اسید استتاریک است. در نتیجه اختلاف دمای جوش بین این دو ماده ۲۴ درجه سانتیگراد است. بعلاوه ، برای مثال ، فرایند تقطیر می تواند در انواع فشارهای عملیاتی مانند ۵۰ تا ۱۵۰ میلی لیتر یا (mbar) (به عنوان مثال ، یا > 10 تا ۱۸۰ mbar) رخ دهد. کاهش فشار عملیاتی می تواند تأثیر در دمای کار یا دمای خوراک داشته باشد. به عنوان نمونه ، دما و فشار خوراک ممکن است بر خلوص اسید استتاریک حاصل تأثیر بگذارد. بنابراین دستیابی به فشار خوراک مورد نظر می تواند منجر به خلوص مطلوب شود. علاوه بر این ، اختلاف در نقاط جوش مواد تشکیل دهنده نیز می تواند بر بازده فرایند تأثیر بگذارد. بنابر شکل زیر هر دو ماده، استتاریک اسید و پالمیتیک اسید از هم جدا شده و در مرحله بعد تحت فرایند دانه بندی قرار می گیرند. و در نهایت ماده مورد نظر تولید می شود.(57)

پرلینگ یا دانه بندی: اشاره به ماده ای دارد که همانند گلوله و بصورت جامد است. گلوله ها شکل ساده تری دارد و راحت قابل لمس کردن هستند و احتمال گرد و غبار گرفتن کمتری نیز دارد.(61)

در نهایت استتاریک اسید برای حذف اسید های چرب کاملاً هیدروژنه تقطیر می شود. در این مرحله اسید چرب کاملاً هیدروژنه شده تهیه شده است. اسیدهای چرب کاملاً هیدروژنه چربیهای اشباع شده هستند که فاقد چربی ترانس هستند. اسیدهای چرب کاملاً هیدروژنه ممکن است حداقل شامل یک اسید چرب از اسید کاپریلیک ، اسید کاپریک ، اسید لوریک ، اسید میریستیک ، اسید پالمیتیک ، اسید استتاریک ، اسید آراشیدیدیک ، اسید بننیک ، اسید لینگنوسریک و اسید سرووتیک داشته باشد.(57)

اسید استتاریک ممکن است در معرض تقطیر اسید چرب کاملاً هیدروژنه قرار داشته باشد ، اگرچه یک فرایند تقطیر ، به عنوان مثال ، تحت یک خلاء بالا (به عنوان مثال ، فشار عملیاتی پایین) و تقطیر اسید چرب کاملاً هیدروژنه ممکن است در دمای حداقل در حدود ۴۰۰ درجه فارنهایت (۲۰۰ درجه سانتیگراد) رخ دهد. سپس در حالیکه سایر آلاینده ها و اسید های چرب غیر لازم از ماده جداسازی شدند، مجدداً دانه بندی می گردد و محصول مورد نظر حاصل می شود.

۳-۳-۴: تولید اسید چرب و گلیسرین به وسیله هیدرولیز روغن یا چربی

هیدرولیز کاتالیزوری چربی ها و تبدیل به اسیدچرب و گلیسرین توسط فرایند twitechell انجام می شود. این فرایند به صورتی است که در هر مرحله گلیسرین جدا می شود. از اسید چربی که از این فرایند تولید می شود برای تولید صابون استفاده می شود و از گلیسرین تولیدی برای مواد منفجره استفاده می شود. در این فرایند آب برای ماندن در حالت مایع فشار بالایی را می طلبد. فشار ۸۰۰ psi و دمایی 300 درجه سانتی گراد شرایط دما و فشاری این فرایند است، این فرایند برای انجام واکنش هیدرولیز نیاز به زمان اقامت در راکتور (conter_current reactor) دارد. در این فرایند در یک جریان گلیسرین و آب و از جریانی دیگر اسیدچرب خارج می شود. به دلیل فشار زیاد دستگاه هایی که برای انجام چنین فرایندی

²⁸ Brown grease contains beef and mutton fats as well as hog fats. Fleshing grease is the fatty material trimmed from hides and pelts. Bone grease, hide grease, and garbage grease are named according to their origin. In some factories, food offal is used along with... (94)

مورد استفاده هستند بسیار گران هستند. زمان اقامت طولانی، فشار و دمای بالا، همگی سبب هزینه های عملیاتی بالا می شوند. بنابراین نیاز به فرایندی است که هیدرولیز چربی و روغن را بدون ایجاد معایب ذکر شده، انجام دهد. از جمله نکات مثبت و اهداف این فرایند به شرح زیر است: (62)

- انتقال جرم در تمام مراحل سریع است.

- فرایند بدون کاتالیزور انجام می شود.

- بخار ای که بیش از حد گرم شده می تواند به عنوان فاز گازی مورد استفاده باشد.

- محصولات (گلیسرین و اسیدهای چرب) در فاز بخار، فرار می شوند.

- اسید چرب و گلیسرین به راحتی از هم جدا می شوند.

- بخار میتواند به سیستم برگردد و مجدد مورد استفاده قرار گیرد، بدون اینکه در آب مایع متراکم شود.

- سرعت واکنش خوبی به دست می دهد.

فرایند مورد نظر هیدرولیز مداوم چربی یا روغن است. (continuous hydrolysis operation)

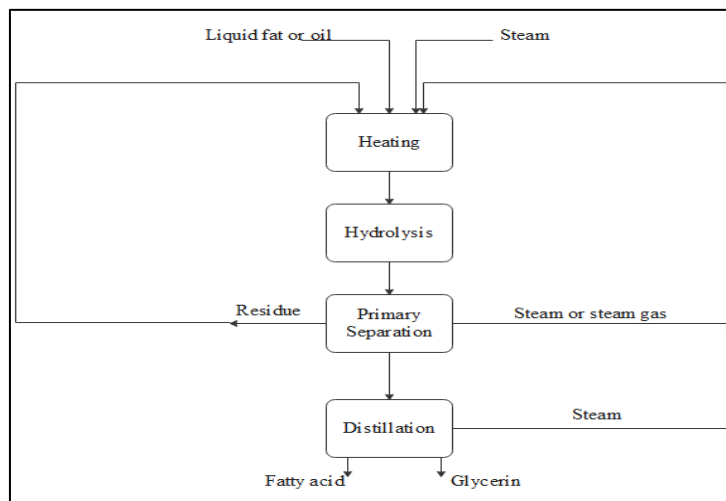
در فرایند عملیاتی هیدرولیز چربی یا روغن، چربی به صورت جامد یا مایع به راکتور وارد میشود. چربی در شرایط دمایی ۳۵۰ درجه قرار می گیرد تا در فاز مایع باشد و وارد راکتور گردد. آب میتواند در فاز مایع وارد شود و با دمای بالا به حالت بخار برسد یا در راکتور در دمای بالا به فاز بخار برسد. به طور معمول آب در فاز بخار و تالو در فاز مایع وارد راکتور میشود. جریان مایع و گاز با هم انتقال جرم انجام می دهند تا میزان برخورد مولکولی بسیار زیاد شود. فضای بین سطحی مایع و بخار افزایش می یابد و واکنش به سرعت پیش می رود. این فرایند در فشار اتمسفر یا نزدیک آن انجام می شود. دمای فاز چربی در رنج ۱۵۰-۳۵۰ حفظ می شود. واکنش با سرعت خوبی پیش می رود و محصولات واکنش اسیدچرب و گلیسرین در فاز بخار به شکل خالص جدا می شوند. راکتور لوله ای برای این فرایند مورد استفاده است که از جنس فولاد ضد زنگ است و دارای یک jacket حرارتی است. با عناصر گرمایشی یا بخار ای که از پیش گرم شده فضایی گرم برای انجام واکنش داخل راکتور ایجاد میشود. مواد در فاز ذکر شده وارد راکتور میشوند و محصولات واکنش (گلیسرین و اسیدچرب) در فاز بخار فرار شده و از راکتور خارج میشوند. (62)

خروجی راکتور به یک جداکننده سایلکون (cyclone separator) متصل است که فاز بخار را از مایع جدا میکند. فاز بخار شامل محصولات هیدرولیز (گلیسرین و اسید چرب) است که وارد تجهیز بازیابی بعدی می شود و مایعاتی که از پایین جداکننده خارج میشوند مواد باقی مانده و مایعات واکنش داده نشده هستند که توسط جریانی به اول سیستم برمی گردند. تجهیز بعدی نیز جداکننده سایلکون است که عمل تقطیر در آن انجام میشود. محصولات که بصورت بخار به این تجهیز وارد شدند در دمای پایین تری نسبت به واحد قبلی قرار میگیرند تا از بخار موجود جدا شوند. بخار جدا شده توسط جریانی به ابتدای سیستم برمیگردد تا فرایند مجدد تکرار شود. تلاطم در فاز مایع سبب میشود انتقال جرم به سرعت اتفاق بیفتد. رابطه ای بین سرعت انتقال جرم و میزان مایع و فاز گاز وجود دارد. وقتی مایعی با سرعت نسبتاً کند حرکت می کند، مایعات تمایل دارند که خطوط جریانی را با مدل شعاعی و با توجه به مولکول های محل دیگر دنبال کند. با افزایش سرعت فاز مایع، تلاطم در فاز مایع شروع به رشد می کند، با ورود فاز گازی به راکتور در فاز مایع تلاطم ایجاد میشود و افزایش سطح بین فاز مایع و گازی در واکنش افزایش می یابد. بخار میتواند در همان دمایی که در راکتور کار میکند وارد شود و سپس برای جداسازی به طرقی که ذکر شد دمای فرایند در جداکننده ها باید متناسب با نحوه انجام فرایند تغییر میکند. (62)

هنگامی که هیدرولیز درون راکتور انجام میشود، آب مورد استفاده است. وقتی فقط بخار به عنوان فاز گازی عمل می کند اب مورد نیاز از بخار خارج میشود و نیمی یا تمام محصولات (گلیسرین و اسید چرب) با بخار مخلوط میشوند، در واقع بخار اضافی سبب میشود تا محصولات در فاز بخار تولید شوند. هنگام کار در فشار اتمسفر یا در نزدیکی آن، هیدرولیزاسیون عالی بدست می آید حتی اگر مقدار آب در فاز گازی وجود داشته باشد، یعنی بخار خیلی بیشتر از آن نیست که از لحاظ استوکیومتری مورد نیاز باشد (۳ مول آب برای هر مول چربی). استفاده از بخار اضافی تبخیر اسیدهای چرب و گلیسرین را تسهیل می کند. بخار بیش از حد همان شرایط خلا را ایجاد می کند تا اسیدهای چرب و گلیسرین به فاز بخار منتقل شوند حتی ممکن است دما در فشار جو کمتر از دمای جوش نرمال آنها باشد. اسیدهای چرب و گلیسرین احتمالاً در یک فاز مایع تشکیل می شوند و بنابراین باید از باقی مانده جدا شوند. هنگام کار در چنین فشاری، مطلوب است که برای رسیدن به مقدار استوکیومتری آب، مقدار بخار را تا آنجا که ممکن است کاهش داده شود تا درصد اسیدهای چرب و گلیسرین در فاز مایع تا حد زیادی خالص بدست آید. مواد حاصل از راکتور متشکل از اسیدهای چرب بخار شده، گلیسرین و بخار که از فاز مایع در جدا کننده سیکلون (cyclone separator) جدا می شوند. فاز مایع در جدا کننده برداشته می شود و به عنوان پس مانده تخلیه می شود که ممکن است حاوی چربی های واکنش نداده یا تا حدی هیدرولیز شده باشد. در این صورت، بهتر است این چربی های غیر واکنش یافته را از طریق لوله همانطور که در راکتور وارد کرد. جدا کننده اول در دمای خروجی از راکتور یا نزدیک آن کار می کند. با این حال، از آنجا که مقداری از دست دادن گرما در جدا کننده وجود دارد، جدا کننده سیکلون به طور معمول در دمای زیر خروجی راکتور کار میکند. (62)

اسیدهای چرب بخار شده، گلیسرین و بخار از طریق یک لوله از جدا کننده خارج می شوند و به یک واحد تقطیر (cyclone separator) بعد وارد میشوند که دوباره می تواند به شکل یک جدا کننده سیکلون باشد که برای تقطیر اسیدهای چرب و گلیسرین از بخار استفاده می شود. این امر به راحتی امکان پذیر است زیرا گلیسرین و اسیدهای چرب فشار بخاری که دارند کاملاً کمتر از فشار آب است. جداکننده دوم می تواند در دمای بخارهایی که به آن وارد میشود، کار کند. با این حال، این دما به میزان قابل توجهی بالاتر از دمای بخار مایعات است و از این رو می توان این بخار را بدون

تراکم از طریق لوله ای دیگر وارد راکتور کرد. یکی از نکات مثبت این فرآیند این است که ضروری نیست که بخار را متراکم کنیم زیرا بخار را می توان در شرایطی که از واحد تقطیر (جداکننده دوم) تخلیه می شود استفاده کرد. این خصوصاً از آن جهت که مقدار زیادی از گرما را از بین می برد بسیار سودمند است. که برای تبدیل آب به بخار لازم است. به دلیل ذکر شده و کاهش قابل توجه مقدار گرما، هزینه انجام فرایند و کار با دستگاه بسیار کاهش می یابد. برای دستیابی به بیشترین میزان هیدرولیز در فرآیند، دمای بالاتر در محدوده مشخص شده ترجیح داده می شود. استفاده از فشار زیاد غیرضروری است. در حقیقت، کار در فشار اتمسفر یا در خلا ترجیح داده می شود زیرا این روش تمایل دارد تعادل را به نفع هیدرولیز با بخار شدن اسید چرب و گلیسرین در دماهای پایین تغییر دهد یا درصد تبخیر چربی را افزایش دهد. (62) دیاگرام این فرایند در شکل ۳-۴۲ آمده است:



شکل ۳-۴۱: دیاگرام فرایند تولید گلیسرین به روش هیدرولیز چربی

۳-۳-۵: تولید گلیسرین و اسید چرب به وسیله هیدرولیز (روش مورد استفاده در واحد تولیدی ایران)

* (براساس گفتگو با یکی از تولیدکنندگان داخل ایران)

روش تولید اسیدهای چرب و گلیسرین.

اسیدهای چرب شامل استئاریک و پالمیتیک اسید

ماده اولیه: هرنوع چربی یا روغن

توالی فرایند:

۱. پیش تصفیه

۲. هیدولیز چربی یا روغن تحت فشار و دما در اتوکلا و تبدیل به اسیدهای چرب و گلیسرین.

۳. تبخیر و تقطیر اسیدهای چرب با خلوص بالای ۹۹٪

۴. هیدروژناسیون اسید چرب و تولید استئاریک و پالمیتیک اسید

۵. پست بلیچینگ

بنظر یک مرحله خالص سازی در این فرایند اتفاق نیفتاده است. همچنین بر اساس گفته های مدیرعامل شرکت، اسید چرب بعد از درایر باید وارد برج تقطیر شود. همینطور گفته شد که وقتی در تولید گلیسرین از اکسید روی استفاده شده و از ستون تبادل یونی رد شد، وجود برج تقطیر الزامی نیست.

۳-۳-۶: کاربرد استئاریک اسید:

اسید استئاریک بصورت طبیعی در آووکادو و خاک شیر موجود است. این ماده در تولید محصولات مراقبت از مو و سایر محصولات بهداشتی کاربرد دارد. از طریق ترکیب اسید استئاریک با روغن کرچک ماده ای به دست می آید که جهت نرم کردن پارچه مورد استفاده قرار می گیرد. از دیگر موارد استفاده و کاربردهای اسید استئاریک می توان به موارد زیر اشاره کرد: (53)

• تولید پلاستیک

• نرم کننده لاستیک

• تولید مواد آرایشی و بهداشتی

• آبنبات های درمانی (از اسید استئاریک در تولید آب نبات های حاوی ویتامین سی جهت درمان سرماخوردگی استفاده می شود)

• تولید وسایل آتش بازی

- تولید شمع
- سخت کردن صابون‌ها
- پوشش کارت‌های اعتباری
- تولید روان کننده
- پوشش پودرهای فلزی
- جلوگیری از اکسید شدن فلزات
- سیستم‌های رهایش دارو
- کپسول‌های آتشنشانی

• سخت کننده قند، شکر، شربت‌ها و آب‌نبات‌ها

ترکیب اسید استتاریک، اتیلن‌گلیکول، گلیکول استارات و گلیکول دی استارات در محصولات آرایشی، شامپوها و صابون‌ها موجب مرواریدی شدن آن‌ها می‌شود. اسید استتاریک در آتش‌کاری جهت پوشش دادن توسط پودرهای فلزی نظیر آلومینیم و آهن مورد استفاده قرار می‌گیرد. اسید استتاریک بعنوان مانع روی فیلم نیز تولید می‌شود؛ با افزودن این ماده به سطح فیلم، دقت اجزای مکانیکی آن افزایش می‌یابد و از تغییر خواص سطحی آن جلوگیری می‌شود، در نتیجه گسترش یا خزش آن کاهش می‌یابد. اسید استتاریک از جمله پرکاربردترین روان کننده‌هایی است که در طی فرایند تزریق به قالب و تحت فشار قرار دادن پودرهای سرامیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. (53)

۷-۳-۳: کاربرد پالمیتیک اسید

مهم ترین کاربرد پالمیتیک اسید در تولید صابون است. یکی از کاربردهای اصلی اسید پالمیتیک در صابون‌ها است زیرا توانایی آن در صاف نگه داشتن پوست بسیار دیده شده است. اسید پالمیتیک در موم وجود دارد که یکی از عناصر محبوب در محصولات مراقبت شخصی است. در محصولات آرایشی، از اسید پالمیتیک در آرایش پوست برای پنهان کردن لکه‌ها استفاده می‌شود. همچنین در برخی از سورفاکتانت‌ها به عنوان ماده تمیز کننده استفاده می‌شود. (64) (63)

۸-۳-۳: بازار جهانی و داخلی استتاریک و پالمیتیک اسید:

در آسیا، به ویژه آسیای جنوب شرقی، بسیاری از گیاهان، اسید چرب تولید شده است. منبع اصلی روغن نارگیل، نخل و هسته خرما است که به عنوان مواد اولیه برای اسیدهای چرب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مجموع، این کشورها (از جمله ژاپن) ۷۳ درصد از کل ظرفیت اسیدهای چرب جهانی را به خود اختصاص می‌دهند. مالزی، چین، اندونزی و هند بیشترین ظرفیت آسیا را تشکیل می‌دهند. آسیا با ۴۲٪ از کل مصرف جهانی، بزرگترین منطقه مصرف کننده اسید چرب در جهان است. چین با بیش از ۶۶٪ از کل مصرف آسیا و میانگین رشد سالانه تا سال ۲۰۱۸ را داشته است. پیش بینی می‌شود چین تا سال ۲۰۲۲ سی درصد از مصرف جهانی را به خود اختصاص دهد. عمده ترین کاربرد اسیدهای چرب در آسیا برای تولید صابون است.

پیش بینی می‌شود بازار جهانی اسید استتاریک پالمیتیک تا سال ۲۰۲۵ از ۱۲ میلیارد دلار عبور کند و در CAGR بیش از ۵٫۰٪ رشد کند. انتظار می‌رود با افزایش پاک کننده های جهانی، مراقبت های شخصی، لوازم آرایشی، اتومبیل و صنعت ساخت و ساز فرصت های جدیدی را برای تولید کنندگان اسید استتاریک باز کند تا تولید آنها را افزایش دهد تا بتواند جوابگوی تمام تقاضا باشد. (66) (65)

جدول ۲۷-۳ بازار پالمیتیک و استتاریک اسید را در سالهای ذکر شده نشان می‌دهد.

جدول ۲۶-۳: بازار تولیدات استتاریک و پالمیتیک اسید در جهان

جزئیات	گزارش (66) (65)
۲۰۱۵-۲۰۲۵	دوره پیش بینی شده
اروپا، آمریکای شمالی، آسیا و اقیانوسیه، خاورمیانه و آفریقا و آمریکای لاتین	مناطق تحت پوشش
BASF SE (آلمان) Baerlocher GmbH (آلمان) Emery Oleochemicals (مالزی) Vantage Speciality Chemicals (آفریقای جنوبی)	اصلی ترین کمپانی های تولید کننده

Harima Chemicals Group Inc (ژاپن)	
Acme-Hardesty (ایالات متحده)	
KLK, IOI Oleochemicals (مالزی)	
Zouping Fuhai (چین)	
VVF LLC (ایالات متحده)	
TCI Chemicals Pvt. Ltd. (هند)	
AkzoNobel N.V (هلند)	

در توضیح بازار داخلی استتاریک اسید و پالمیتیک اسید به طور متوسط، طی سه سال گذشته حدود ۱۵۰۰۰ تن از این ماده وارد ایران شده است. (67) این ماده شیمیایی در ایران به صورت گسترده دارای شرکت های تامین کننده است و دارای دو واحد تولیدی در داخل کشور است. گروه صنعتی الوند شیمی (تعاونی ۴۷ خوی) بعنوان یک واحد بزرگ تولید کننده اسید های چرب است و ظرفیت تولید این کارخانه ۷۵۰۰ تن از انواع اسید های چرب از جمله استتاریک اسید است.

کارخانه دیگر، کارخانه مهندس میر شیمی که اصول بنیادی کارخانه بر پایه تولید انواع اسیدهای چرب از پیه خام گاوی و گوسفندی بنا شده است. این واحد با بیش از بیست سال حضور مستمر در عرصه تولید، بدون الگو برداری از هر واحد خارجی یا داخلی و با طراحی و ابتکار شخصی تولیدات خود را مطابق با استاندارد انجمن شیمیدانهای آمریکا (AOCS) (American oil chemists, society) به بازار عرضه کرده و اولین تولید کننده اسید استتاریک در ایران است. (68)

کشور های وارد کننده پالمیتیک اسید و استتاریک اسید به ایران در جدول ۲۸-۳ قابل مشاهده است.

جدول ۲۷-۳: کشورهای وارد کننده استتاریک و پالمیتیک اسید به ایران

کشور مبدا (وارد کننده)	سال ۲۰۱۸
چین	۱۵۲۳ تن
کره جنوبی	۷۸ تن
امارات	۲۸۸۷ تن
اندونزی	۱۹۹۹ تن
ترکیه	۶۶۸ تن
هند	۲۶۶۸
فرانسه	۱۲۱

صادرات پالمیتیک و استتاریک اسید از ایران طی سالهای ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸ به کشورهای ذکر شده در جدول ۲۸-۳ آمده است.

جدول ۲۸-۳: صادرات استتاریک و پالمیتیک اسید از ایران

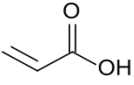
کشور مقصد	سال ۲۰۱۶	سال ۲۰۱۷	سال ۲۰۱۸
ترکمنستان	---	۲۷ تن	---
افغانستان	۷ تن	---	---
عراق	---	---	---
آذربایجان	۱ تن	---	---

۴-۳: اکریلیک اسید

اسید اکریلیک (همچنین به اسید ۲-پروئوئیک، اسید وینیل فرمیک اسید، و پروپن اسید نیز معروف است) یک مایع شفاف، بی رنگ، خورنده و قابل اشتعال است که دارای بوی تیز است. این فرمول دارای $C_3H_4O_2$ است و با آب، الکل، اتر، بنزن، کلروفرم و استون قابل پخش می باشد. اسید اکریلیک بسیار پر کاربرد با ارزش است زیرا یک ماده شیمیایی واسطه ای است که در تولید بسیاری از محصولات صنعتی و مصرفی مورد استفاده قرار می گیرد. (70) (69)

۱-۳-۴: خواص فیزیکی و شیمیایی اکریلیک اسید:

جدول ۲۹-۳: خواص شیمیایی اکریلیک اسید

فرمول شیمیایی	ساختار	جرم مولی	دانسیته	نقطه ذوب	نقطه جوش
$C_3H_4O_2$		72.06 g/mol	1.05 g/mol ³	13 °C	141 °C

اسید اکریلیک به صورت تجاری در دو رده بندی قرار دارد: درجه فنی (۹۴٪) برای تبدیل شدن به استر و درجه گلسیکال (۹۸-۹۹,۵٪ وزنی و حداکثر ۰,۳٪ وزن آب) برای تولید رزین های محلول در آب (72). (71)

اسید اکریلیک نسبت به گرما و نور خورشید حساس است و باید در یک محیط خنک، خشک و با تهویه مطبوع نگهداری شود که عاری از تمام منابع احتراق باشد. به همین دلیل است که تامین کنندگان اسید اکریلیک آن را در کامیون های مخزنی از جنس استیل یا آلومینیوم حمل می کنند. این ماده همچنین از مهار کننده هایی تهیه شده است که از پلیمریزاسیون خطرناک جلوگیری می کند زیرا می تواند کاملاً ناپایدار شود. (69)

اسید اکریلیک به طور سنتی به عنوان مواد اولیه برای تولید الیاف اکریلیک - متیل اکریلات، اتیل اکریلات، بوتیل اکریلات و ۲-اتیل هگزیل اکریلات استفاده می شود. این اکریلات ها در اصل برای تولید رزین های اکریلیک بر پایه حلال استفاده می شود، اما نگرانی های زیست محیطی در مورد استفاده از حلال باعث توسعه اکریلیک های بر پایه ی آب شده است. کاربرد های اکریلیک های بر پایه ی آب عمدتاً در پوشش های تزئینی، سنگ تراشی و نیز کاربردهای صنعتی هستند اما کاربرد های دیگر آن شامل چسب، پوشش کاغذی و چرم، پولیش و پوشش قرص است. (72)

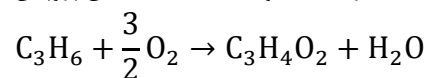
برخی از واکنش های شیمیایی اسید اکریلیک به راحتی در حضور گرما، نور یا فلزات پلیمریزه می شود و بنابراین مهار کننده پلیمریزاسیون به راکتور تولید اسید اکریلیک اضافه می شود تا از پلیمریزاسیون بیش از حد گرمازای آن جلوگیری شود. مهار کننده هایی که معمولاً در آماده سازی اسید اکریلیک استفاده می شود عبارتند از: مونومتیل اتر هیدروکینون (متوکسی فنول)، فنوتیازین، هیدروکینون و ...

اسید اکریلیک به راحتی با رادیکال های آزاد و عوامل الکتروفیل یا نوکلئوفیلی واکنش نشان می دهد. این ماده ممکن است در حضور اسید (اسید سولفوریک، اسید کلروسولفونیک)، قلیا (هیدروکسید آمونیوم)، آمین ها (اتیلن ادیامین، اتیلنیمین، ۲-آمینو اتانول)، نمک های آهن، درجه حرارت بالا، نور، پراکسید و سایر ترکیبات تشکیل دهنده پراکسید یا رادیکال های آزاد. در غیاب مهار کننده، پراکسیدها هنگام افزودن اکسیژن به اسید اکریلیک تشکیل می شوند. حضور اکسیژن لازم است تا تثبیت کننده به طور موثر عمل کند. اسید اکریلیک هرگز نباید تحت یک محیط بی هوازی مورد استفاده قرار گیرد.

انجماد اسید اکریلیک در دمای ۱۳ درجه سانتیگراد رخ می دهد. انجماد دوباره ی این ماده در شرایط نامناسب دما، دلیل دیگری است که پلیمریزاسیون اکریلیک اسید را تایید می کند (72).

۲-۳-۴: روش تولید اکریلیک اسید به وسیله اکسیداسیون پروپیلن

اسید اکریلیک به وسیله ی اکسید شدن پروپیلن تولید می شود.



از آن جایی که اکریلیک اسید و استایرهای آن ارزش تجاری دارند، روش های بسیاری برای تولید آن توسعه یافته است، اما بیشتر آن ها به دلایل اقتصادی یا زیست محیطی رها شده اند. پروپان یک ماده خام است که به میزان قابل توجهی ارزان تر از پروپیلن است، بنابراین یک مسیر جایگزین مورد بررسی اکسیداسیون یک مرحله ای پروپان است.

کربوکسیل سازی اتیلن به اسید اکریلیک به وسیله ی دی اکسید کربن فوق بحرانی توسط یک کاتالیست کارآمد امکان پذیر است (73).

شرکت شیمیایی Dow و همکارش OPX Biotechnologies در حال تحقیق در مورد استفاده از شکر تخمیر شده برای تولید اسید هیدروکسی پروپیونیک به عنوان ماده ی اولیه ی اکریلیک اسید هستند. هدف این است که میزان انتشار گازهای گلخانه ای تولید شده در طی فرایند تولید اکریلیک اسید کاهش یابد. (74)

اساساً، SAP ها یک ویژگی منحصر به فرد برای جذب و در همان زمان حفظ رطوبت ۱۰۰ بار بیشتر از وزن خود را دارند. این امر آن ها را به عنوان بخشی جدایی ناپذیر در تولید پوشک بچه، محصولات بهداشتی زنانه و محصولات بی بیماری بی اختیاری افراد بالغ ساخته است. به طور خلاصه، اسید اکریلیک یک ماده شیمیایی است که برای آماده سازی پلیمرها، منسوجات، صنایع جوهر، محصولات مصرفی، پلاستیک، مواد شیمیایی کیلیت

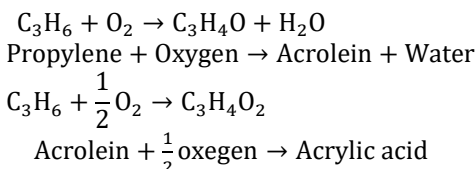
کننده ی سطحی، مواد پوشش دهنده ی تولید شده بر پایه ی آب و اغلب در صنایع بسته بندی مواد غذایی با دستورالعمل های دقیق از سازمان های بهداشتی مورد نیاز است (74) .

اسید اکریلیک در تماس با پوست شدیداً تحریک کننده و خورنده است. این ماده برای افرادی که با آن سر و کار دارند باعث ایجاد مشکلات تنفسی به مرور زمان می شود. تماس این اسید با چشم می تواند آسیب های بسیار جدی و در برخی موارد بازگشت ناپذیر ایجاد کند. اگر افرادی که در معرض این ماده ی شیمیایی هستند، حد مجاز بخارات منتشر شده را رعایت کنند این ماده هیچ گونه ضرری برای سلامتی آن ها نخواهد داشت. یکی از فرآیندهای پر کاربرد برای تولید محصولات با ارزش افزوده، وجود دارد که اکسایش انتخابی ترکیباتی است که پیوند های $C-H$ و $C=C$ در ترکیبات آنها وجود دارد. پروپیلن ماده ای است که بخاطر وجود پیوند های موجود در ساختارش به عنوان خوراک در فرآیندهای مختلفی اکسید شده که از آن مواد متفاوتی مانند آکروئین، اکریلیک اسید، آکریلونیتریل، اکسید پروپیلن، کیومن و ... تولید می شود که ارزش صنعتی بالایی دارند. (75) از میان این محصولات، اکریلیک اسید به عنوان پیش ماده مهمی در تولید بسیاری از مواد شیمیایی پلیمری و نیز در صنعت نساجی بکار می رود. میزان تقاضای این ماده در جهان در سال ۲۰۱۵ و ۵ متریک تن در سال گزارش شده که تا سال ۲۰۲۰ این مقدار باید رشد ۴٫۵ درصدی داشته باشد. به جز فرآیند اکسایش جزئی پروپیلن، تاکنون فرآیندهای مختلف دیگری مانند اکسایش پروپان، هیدروژن زدایی پروپیلن، واکنش های با خوراک فرمالدئید، اتیلن اکساید و مونواکسید کربن ارائه شده است. از میان این فرآیندها، در حال حاضر تولید اکریلیک اسید در صنعت، از فرآیند اکسایش جزئی پروپیلن انجام شده و از اهمیت بالایی برخوردار است. (74)

این فرایند شامل دو مرحله است، در مرحله اول پروپیلن با اکسیژن در فاز گاز و در مجاورت کاتالیست مناسب، واکنش داده و ماده میانی آکروئین تولید شده و در مرحله دوم، از اکسایش کاتالیستی آکروئین، محصول اصلی اکریلیک اسید حاصل می شود. تاکنون به منظور توسعه کاتالیست مناسب برای افزایش بازده تولید محصول اصلی و گزینش پذیری فرآیند تحقیقات بسیاری انجام شده است. همچنین بسیاری از تحقیقات برای توسعه راکتورهای واکنشی که امکان انجام هر دو مرحله در یک راکتور را داشته باشند، توسط محققان انجام و نتایج آن ارائه شده است. در این مقاله، ضمن معرفی فرآیند تولید اکریلیک اسید از خوراک پروپیلن، مهمترین کاتالیست ها و فرآیندهای صنعتی تولید این ماده و نیز دستاوردهای مهمترین پژوهش هایی که تاکنون برای افزایش راندمان تولید محصول انجام شده، مورد بررسی قرار گرفته است. (74)

واکنش های اصلی و جانبی و مشکلات ایمنی ماده:

اکریلیک اسید به عنوان پیش ماده در تولید بسیاری از مواد پلیمری مانند سوپرجاذب ها، مواد شوینده، پارچه، چسب، افزودنی های کاغذ و مواد پلاستیکی بکار می رود. روش های زیادی برای تولید اکریلیک اسید وجود دارد، اما معمول ترین آنها واکنش کاتالیستی اکسایش جزئی پروپیلن با اکسیژن در مجاورت بخار آب است. مکانیزم این فرآیند شامل دو مرحله اکسایش بوده که در مرحله اول پروپیلن به آکروئین و در مرحله دوم آکروئین به اکریلیک اسید اکسید می شود. واکنش های مربوط به این دو فرایند در زیر نشان داده شده است.



واکنش های اصلی اکسایش جزئی پروپیلن برای تولید اکریلیک اسید در بالا نشان داده شده است. در کنار واکنش های اصلی، معمولاً واکنش های جانبی دیگری نیز اتفاق افتاده که منجر به تولید محصولات جانبی ناخواسته می شود. بنابراین کاتالیست های استفاده شده در این فرآیند باید گزینش پذیری مناسبی برای تولید محصول اصلی داشته باشند. به طور معمول در فرآیندهای صنعتی تولید اکریلیک اسید، واکنش های مربوطه در دو سیستم راکتوری انجام شده که هر یک شامل کاتالیست ها و شرایط عملیاتی مجزایی بوده، به نحوی که حداکثر بازده تولید محصول اصلی حاصل شود. این سیستم در شکل ۴ که بلاک دیاگرام کلی این فرآیند صنعتی را نشان داده، قابل مشاهده است. واکنش مرحله اول معمولاً با کاتالیست های ترکیبی اکسید فلزات شامل مولیبدن و بیسموت در محدوده دمایی بالای ۳۳۰-۳۴۰ درجه سانتی گراد انجام شده و واکنش مرحله دوم در حضور کاتالیست های اکسید فلزی شامل اکسید مولیبدن در محدوده دمایی ۲۷۰-۳۶۰ درجه سانتی گراد انجام می شود. هر دو واکنش اکسایش کاتالیستی پروپیلن به آکروئین و آکروئین به اکریلیک اسید، به شدت گرمازا بوده و گرمای تولید شده از آنها برای پرهیز از خطراتی مانند انفجار راکتور، کاهش طول عمر کاتالیست در اثر تشکیل نقاط داغ، و به دنبال آن کاهش گزینش پذیری و بازده تولید محصول، باید از محیط واکنش دفع شود. به همین دلیل در فرآیندهای معمول صنعتی، از راکتورهای مبدل حرارتی استفاده شده و گرمای واکنش از طریق لوله های بلندی که واکنش در آن انجام می شود، به سیال داخل پوسته انتقال می یابد. (74)

با توجه به واکنش های موجود، از لحاظ ایمنی دو نوع نگرانی عمده در این فرآیند وجود دارد؛ اولاً، از آنجایی که ترکیب اکسیژن با گاز پروپیلن، با خطر اشتعال و انفجار همراه است، بنابراین ترکیب درصد مخلوط اکسیژن و پروپیلن در جریان خوراک راکتور از اهمیت بالایی برخوردار بوده و باید به دقت تنظیم شود. ثانیاً، درغلظت های بالای اکریلیک اسید و در دمای بالای ۱۱۱ درجه، پلیمریزاسیون اکریلیک اسید اتفاق می افتد. بنابراین دمای ستون های تقطیر خلأ برای جداسازی اکریلیک اسید، باید پایین تر از این دما در نظر گرفته شود. (74)

کاتالیست های مورد استفاده در فرایند:

همانطور که در بخش قبل اشاره شده، به طور معمول، از آنجایی که این فرایند شامل دو مرحله اکسایش است، دو نوع کاتالیست نیز در راکتورهای مربوطه بکار می رود؛ یکی برای واکنش اکسایش مرحله اول، و دیگری برای واکنش اکسایش مرحله دوم. کاتالیست مورد استفاده در فرایند باید بازده و گزینش پذیری بالایی برای تولید محصول اصلی داشته باشد، ضمن آنکه از پایداری بالایی برای عملکرد طولانی مدت در فرایند برخوردار باشد. معمولاً کاتالیستهای مناسب این فرایند، شامل اکسیدهای فلزی ترکیبی میباشند. ترکیب اکسید فلزات شامل مولیبدن، به طور وسیعی در این فرایند بکار رفته و بازده و گزینش پذیری خوبی برای تولید محصول اصلی نشان داده است. از سایر فلزات مانند، Cu, As, V, Al, W, Ag, Mn, Ge, Au, Ba, Ca, Sr, B, Sn، به مقدار کم و به عنوان بهبود دهنده برای افزایش فعالیت و گزینش پذیری کاتالیست استفاده می شود.

در جدول زیر برخی از مهمترین کاتالیستهای صنعتی که در مرحله دوم اکسایش، یعنی تولید محصول اکریلیک اسید از اکسایش آکرولئین بکار میرود، به همراه شرایط عملیاتی و ترکیب خوراک و مقادیر بازده و گزینش پذیری آنها نشان داده شده است. (75)

با توجه به جدول، مقدار حداکثر بازده و گزینش پذیری به ترتیب ۹۷٫۵ و ۹۸٫۵ با کاتالیست ترکیب فلزی مربوط به شرکت Nippon Kayaku حاصل شده است. برای ایجاد شرایط اکسایش جزیی پروپیلن به اکریلیک اسید و پرهیز از اکسایش کلی به کربن دی اکسید و آب و افت بازده معمولاً این کاتالیستها دارای مساحت سطح پایین و حفرات بزرگی هستند. همانطور که در جدول نشان داده شده، برخی از این کاتالیستها روی پایههای تجاری سیلیکا و آلومینا و برخی دیگر بدون پایه استفاده شده اند. به منظور استفاده از یک کاتالیست با گزینش پذیری بالا برای تولید اکریلیک اسید از اکسایش پروپیلن در یک فرایند تک مرحله ای، نیاز به طراحی یک کاتالیست با بهینه سازی ترکیب درصد اجزا و شرایط عملیاتی بوده که تاکنون صنعتی نشده است. به همین دلیل در صنعت از فرایند دو مرحلهای برای تولید این ماده، استفاده می شود. (74) همچنین در جدول دوم، برخی از کاتالیست های تجاری فرایند اکسایش دو مرحله ای از پنتن های موجود، گزارش شده است. (74)

فرایند های تجاری:

تاکنون شرکت های Lurgi/Nippon و BASF.Mitsubishi Chemical.LG Chem Nippon Shokobai صاحب دانش فنی تولید اکریلیک اسید از فرایند اکسایش جزیی پروپیلن هستند. شکل ۳-۴۵ نمونه ای شماتیک از فرایند تجاری شرکت Nippon Shokobai نشان داده شده است. مهم ترین قسمت این تکنولوژی تبدیل دو راکتور به یک راکتور در فرایند بوده که باعث کاهش چشمگیر هزینه ها شده است. (76)

Company	Catalyst Composition	Reaction conditions					Results		
		ACR (%)	AIR (%)	H ₂ O (%)	SV (h-1)	Temp. (°C)	Conv. (%)	AA ^a select. (%)	AA ^b yield (%)
TOSOH	Mo-V/SiO ₂ (Mo/V = 2-8)	8.0	44.0	48.0	3430	300	92.0	82.0	75.4
Rikagaku Res. Labs.	Mo ₁₀₀ V ₁₀ Al ₃ Cu ₁₀ /Al sponge	4.0	30.0	40.0	1000	320	98.4	97.6	96.0
Toagosei Chem. Industry	Mo _{17.7} V ₃ As _{1.43} /SiO ₂	5.1	38.5	51.7	1170	320	96.5	91.0	87.8
Nipon Kayaku	Mo ₁₂ V ₂ W _{0.9} /SiO ₂	5.9	58.8	35.3	996	220	97.8	89.0	87.0
	Mo ₁₂ V ₃ Cu _{2.5} Fe _{1.25} Mn _{0.1} MgO. 1P _{0.1}	2.8	24.2	73.0	2000	210	99.0	98.5	97.5
Celanese	Mo ₁₂ V ₃ W _{1.3} Mn ₃	4.4	28.5	50.0	900	300	99.0	93.0	92.0
BASF	Mo ₁₂ V ₂ W ₂ Fe ₃	3.1	27.5	43.0	1360	230	99.0	91.9	91.0
Nippon Shokubai	Mo ₁₂ V _{4.8} W _{2.4} Cu _{2.2} Sr _{0.9} /Al ₂ O ₃	4.0	51.0	45.0	3000	255	100.0	97.5	97.5
		7.0	48.0	45.0	3500	255	97.0	97.0	96.1
SOHIO	Mo ₁₂ V ₅ W _{1.2} Ce ₃ /SiO ₂	5.9	58.8	35.3	876	288	100.0	96.1	96.1
Sumitomo Chemical	Mo ₁₂ V ₃ Cu ₃ Zn ₁ /SiO ₂	5.0	40.0	55.0	1000	260	98.4	96.1	94.6
Mitsubishi Petrochemical	MO ₁₀₀ V ₂₀ CU ₂	4.0	50.0	46.0	850	290	99.5	95.3	94.8

^aAcrylic acid selectivity.

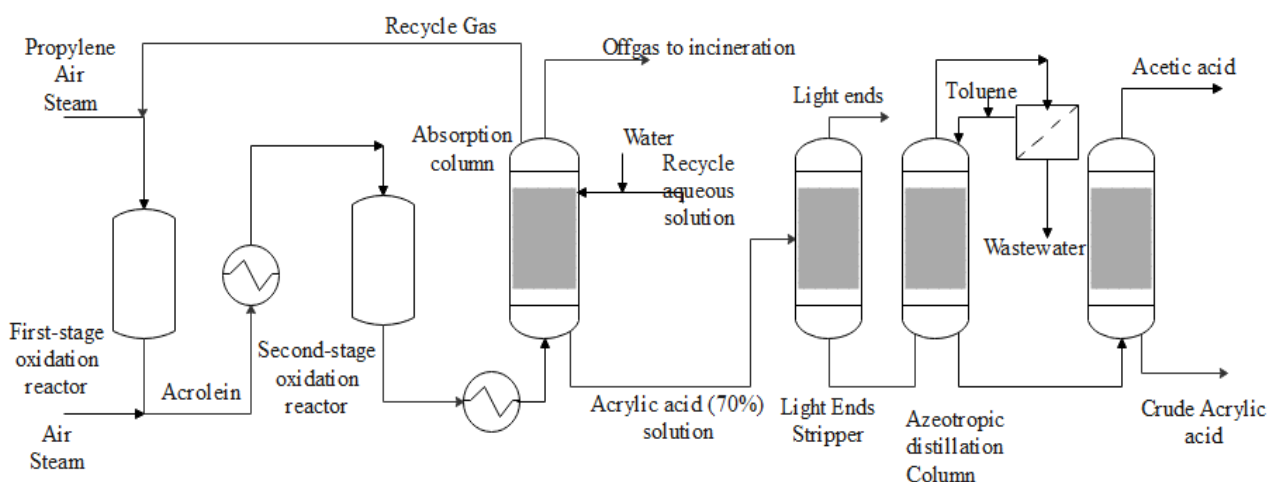
^bAcrylic acid yield.

شکل ۳-۴۳: ساختار شیمیایی و عملکرد کاتالیست های تجاری در تولید اکریلیک اسید از پروپیلن

Catalysts for one or two-step propylene oxidation to acrylic acid

Company	Catalyst components	Reaction	Temperature (°C)	Product yield (%)
Nippon Shokubai	Mo-Bi-Fe-W-Co-K-Si-O	Propylene→acrolein	320	90.2
Ube Industries	Mo-Bi-Fe-Co-V-K-O	Propylene→acrolein	330	90.3
Nippon Kayaku	Mo-V-Cu-Fe-Mn-Mg-P-O	Acrolein→acrylic acid	210	97.5
Nippon Shokubai	Mo-V-W-Cu-Sr-Al-O	Acrolein→acrylic acid	255	97.5
Nippon Shokubai	Mo-W-Te-Sn-Co-O	Propylene→acrylic acid	350	65
Nippon Shokubai	Nb-W-Co-Ni-Bi-Fe-Mn-Si-Z-O	Propylene→acrylic acid	325	73

شکل ۴۴-۳: کاتالیست های تجاری فرایند اکسایش دو مرحله ای تبدیل پروپیلن به اکریلیک اسید



شکل ۴۵-۳: شماتیک کلی فرایند صنعتی اکریلیک اسید از پروپیلن

عموماً راکتورهای صنعتی مورد استفاده در این فرایند، از نوع پوسته-لوله‌ای، عمودی و بلند است؛ از آنجایی که هر دو واکنش اکسایش پروپیلن به آکرولئین و آکرولئین به اکریلیک اسید، به شدت گرمازا بوده و این گرمای زیاد تولیدی باید از محیط واکنش دفع شود، در فرآیندهای معمول صنعتی، از راکتورهای مبدل حرارتی استفاده شده و گرمای واکنش از طریق لوله های بلندی که واکنش در آن انجام میشود، به ماده واسطه انتقال حرارت که در پوسته جریان دارد، انتقال می یابد.

عموماً دو نوع طراحی برای تعداد راکتورها در فرآیندهای صنعتی تولید اکریلیک اسید بکار رفته که عبارتند از:

طراحی مدل اول:

در اغلب فرآیندهای صنعتی به طور معمول دو راکتور سری بکار رفته که مرحله اول اکسایش در راکتور اول و مرحله دوم، در راکتور دوم انجام می شود. راکتور اول با یک کاتالیست مناسب برای واکنش مرحله اول و راکتور دوم با یک کاتالیست مناسب برای واکنش مرحله دوم واکنش پر شده است؛ گاز ورودی واکنش به راکتور دوم معمولاً شامل آکرولئین و گاز بازیافتی خروجی از راکتور اول، اکسیژن و یا گاز بی اثر مانند نیتروژن یا بخار بوده و در آن اکسایش آکرولئین برای تولید آکرلیک اسید انجام میشود. (76)

معایب عمده این نوع طراحی شامل بالا رفتن هزینه های سرمایه گذاری برای راکتورها و لوله کشی، نیاز به مساحت وسیعی برای منطقه راه اندازی، اتو اکسایش آکرولئین در مجرای لوله ای شکل بین دو راکتور که منجر به تشکیل کاربیدها می شود. تجمع کاربیدها در لوله های واکنش باعث محدودیت و مقاومت جریان در لوله ها و تشکیل رسوب روی کاتالیست و کاهش طول عمر آنها می شود. (76)

طراحی مدل دوم:

در برخی فرآیندها نیز به دلیل مزیت اقتصادی و اشتغال کردن جای کمتر نسبت به مدل اول، یک راکتور بکار رفته که هر دو مرحله اکسایش در آن انجام می شود. طراحی یک راکتور واحد به دو شکل زیر امکان پذیر است:

حالت اول: در یک لوله واکنشی بلند هر دو کاتالیست های مرحله اول و دوم اکسایش، یکی بالای دیگری قرار گرفته و با یک لایه ماده خنثی در بین آنها، از هم جدا شده اند. (76)

حالت دوم: دو لوله واکنشی در یک راکتور که به طور مجزا با کاتالیست های مرحله اول و دوم پر شده و با یک مرحله میانی (واسطه) جدا شده اند.

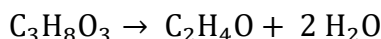
همانطور که ذکر شد در این نوع از طراحی لوله های خیلی بلندی نیاز است که مسلماً جامدات به مقدار زیادی درون آن تجمع می یابند و خارج کردن آنها از درون لوله ها مشکل خواهد بود. مشکل عمده دوم، عدم توانایی در تغییر و کنترل ترکیب درصد اکسیژن در جریان گازی ورودی به مرحله دوم واکنش، یعنی اکسایش آکرولین به اکریلیک اسید است. بنابراین بهینه سازی ترکیب درصد گاز در مرحله اول و مرحله دوم اکسایش، به صورت مستقل از هم امکان پذیر نبوده و لازم است گاز ورودی به مرحله اول واکنش حاوی اکسیژن بیشتری برای مصرف در هر دو مرحله باشد. این مسئله سبب بالا رفتن غلظت پروپیلن شده که احتمال خطر انفجار را بالا می برد. در این نوع راکتورها، فضای داخلی پوسته با استفاده از یک صفحه به دو بخش مجزای واکنشی تقسیم شده است؛ این صفحه طوری طراحی شده که ماده انتقال دهنده گرما بتواند در هر یک از مناطق واکنشی در فضای پوسته مستقل از هم پخش شده تا امکان تنظیم دمای هر قسمت بطور جداگانه وجود داشته باشد. (76)

به منظور بهبود عملکرد راکتور و افزایش بازده فرآیند، پیشرفتهایی در طراحی راکتور، مانند استفاده از مجرای حلقوی برای ورود و خروج سیال پوسته، استفاده از مواد بی اثر با شکل خاص و یا تغییر چیدمان لوله های واکنشی در پوسته صورت گرفته است. (77)

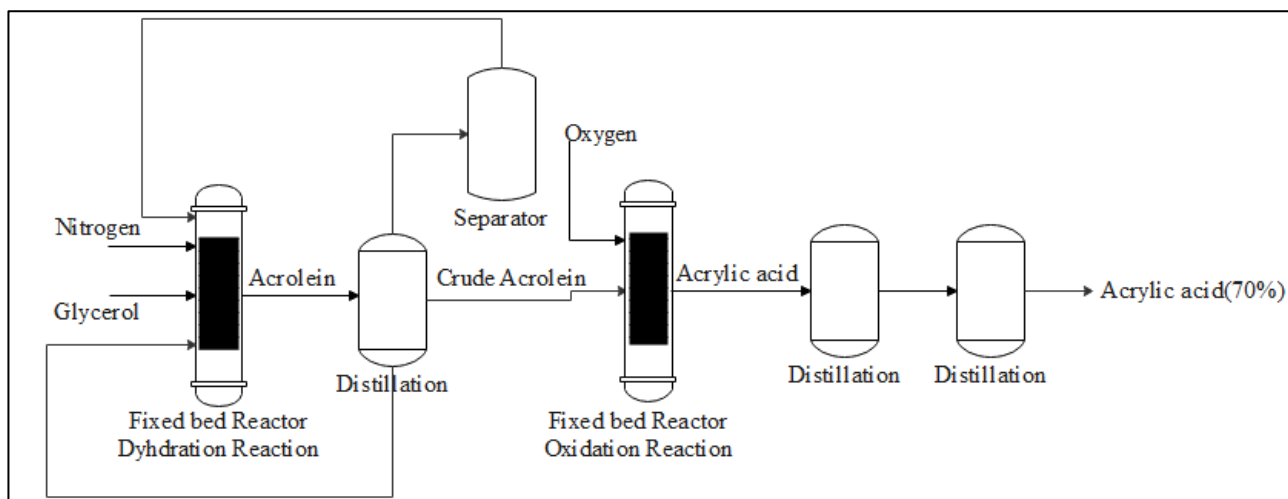
بر اساس مطالعات انجام شده، فرآیند تجاری برای تولید ماده بارزش افزوده و پرکاربرد اکریلیک اسید، اکسایش جزئی دومرحله ای پروپیلن با اکسیژن و در حضور بخار آب و با کاتالیست های ترکیبی اکسید فلزات است. تاکنون در این فرآیند صنعتی، دو نوع کاتالیست مجزا برای مراحل اول و دوم اکسایش بکار رفته است. به نظر می رسد برای توسعه فرآیند و صرفه اقتصادی بیشتر، لازم است کاتالیست هایی طراحی شود که با ساختاری بهینه، قابلیت تولید اکریلیک اسید از پروپیلن با گزینش پذیری بالا را در یک مرحله اکسایش، به جای اکسایش دو مرحله ای داشته باشد. (76)

۳-۴-۳: تولید اکریلیک اسید از گلیسرین

خلاصه اختراع حاضر بدین شرح است: یک روش مناسب برای سنتز اسید اکریلیک از گلیسرین پیشنهاد شده است، که اشکالات روش های دیگر را ندارد. فرآیند شامل دو مرحله است: در مرحله اول گلیسرین تحت کاتالیزور با آب زدایی (dehydration) به آکرولین (acrolein) تبدیل میشود. در مرحله دوم نیز آکرولین با حضور کاتالیزور با اکسیداسیون (oxidation) به اکریلیک اسید تبدیل می شود. این فرآیند به نحوی که پیش می رود مقدار بالای اکریلیک اسید را بدست می دهد. شرح فرآیند: سرعت این واکنش به وسیله شرایط فرآیند کنترل می شود. نوع راکتور مورد استفاده در این فرآیند از نوع (بستر ثابت) است در واقع راکتور کاتالیستی نیاز است. دمای واکنش برای ممانعت از آسیب رسیدن به کاتالیست ها و بقای نرخ واکنش قابل قبول باید در رنج °C ۲۸۰-۳۳۰ باشد. مرحله اول آب زدایی (dehydration): محلول گلیسرین قرار است تا ۲۸۰ درجه سانتیگراد گرم شود و توسط نیتروژن خالص به عنوان گاز حامل به راکتور اول وارد شود. از دو مبدل حرارتی برای رسیدن به این مقدار گرما استفاده میشود. گلیسرین در حضور کاتالیزور و با آب زدایی به آکرولین تبدیل می شود. واکنش مورد نظر بدین صورت است.



کاتالیزور مورد استفاده در راکتور FePO₄ است که پس از چهار بار استفاده در شرایط عملیاتی فعالیتش از ۹۹٪ به ۶۶٪ کاهش می یابد. در حال حاضر مطالعات زیادی در جهت بازسازی این کاتالیزور انجام نشده است. این کاتالیزور به راحتی در بازار خریداری میشود. فرض بر این است که کاتالیزور FePO₄ بدون بازسازی در این شبیه سازی، هر ۷۰ ساعت کاملاً تغییر می کند. اسیدیته کاتالیزور با تبدیل گلیسرین به آکرولین به روند آب زدایی کمک می کند، همچنین باعث تشکیل رسوب بر روی کاتالیزور می شود، که تا حدی کاتالیزور را غیرفعال میکند. در همین حال، هیدروژن می تواند با تشکیل coke از گلیسرین خارج شود. به منظور دستیابی به آکرولین خالص، که فرارترین جز (component) در این سیستم است. فرآورده ها با گلیسرین (در صورت باقی ماندن) و گازهای واکنش نیافته (به عنوان مثال N₂، H₂) برای تراکم بخشی از بخار تا ۱۵ درجه سانتیگراد در کولر سرد می شوند. برای جدا سازی گازها و گرفتن آکرولین در فاز مایع برای جداسازی بیشتر به فلش تحت فشار نیاز است. مخزن فلش برای تقسیم جریان به بخار و مایع در ۱ بار و ۱۵ درجه سانتیگراد استفاده می شود. پس از آن، بخار و مایع به ترتیب از طریق کمپرسور و پمپ در ۹ بار تحت فشار قرار می گیرند و سپس برای از بین بردن گازها دوباره در مخزن فلش مخلوط می شوند. مواد جانبی آکرولین و سایر محصولات سمت چپ (همه در فاز مایع) برای جداسازی بیشتر به ستون تقطیر اول ارسال می شود. آکرولین جدا شده (در مرحله بخار در این مرحله) به قسمت اکسیداسیون وارد میشود. برای افزایش راندمان کل و کاهش هزینه مواد اولیه و تأثیرات زیست محیطی نیز، بازیافت گلیسرین واکنش نداده به راکتور اول در نظر گرفته شده است. مرحله دوم اکسیداسیون (oxidation): دومین مرحله فرآیند اکسید کردن آکرولین برای تولید اسید اکریلیک با خلوص بالا است. بر اساس نتیجه لئو و همکاران جریان آکرولین و گاز حامل، هوا قبل از ورود به راکتور دوم و قبل از انجام واکنش باید تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد در فشار اتمسفر گرم شوند. این کاتالیزور در طول ۷۰ ساعت آزمایش عملکرد بالایی دارد و در هنگام سوزاندن coke برای بازسازی در دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد پایدار می ماند. نسبت مولی اکسیژن / آکرولین در شرایط واکنش فوق ۱۲/۵ تنظیم شود، می توان به تبدیل تقریباً کامل آکرولین و بالاترین میزان انتخاب به اسید اکریلیک دست یافت. جریان خروجی راکتور در دو مرحله خنک می شود، ابتدا از آب خنک کننده تا ۱۵ درجه سانتیگراد و سپس از محلول نمک تا ۰ درجه سانتیگراد استفاده می شود. پس از حذف گازها (در صورت وجود) مانند O₂، N₂، H₂ و در مخزن فلش و قسمت مایع (محصول) در دو ستون تقطیر شده و اسید اکریلیک با خلوص بالا تولید می کند.



شکل ۳-۴۶: فرایند تولید اکریلیک اسید از گلیسرین

۳-۴-۴: کاربرد اکریلیک اسید:

بازار اکریلیک اسید در طول سال ها افزایش یافته است، زیرا این مواد شیمیایی در بخش های مختلف، از محصولات آرایشی مانند لاک ناخن اکریلیک گرفته تا صنایع شیمیایی مختلف کاربرد دارد. در استفاده از اسید اکریلیک در جایگاه های مختلف نظر دانشمندان با یکدیگر فرق دارد، زیرا سازمان های بهداشتی در ایالات متحده، استفاده این ماده ی شیمیایی را در محصولات مختلف بررسی کرده اند. به طور سنتی، اکریلیک اسید به عنوان مواد خام در تولید صنعتی استرهای اکریلیک استفاده شده است. این استرهای اکریلیک مانند متیل اکریلات، اتیل آکریلات و غیره برای تهیه رزین های بر پایه حلال استفاده شده است اما با توجه به نگرانی های زیست محیطی، تولید آن ها متوقف شد. علاوه بر این، آکریلیک های توسعه یافته بر پایه ی آب کاربردهای گسترده ای از جمله در رنگ هایی با کاربرد خانگی و در سایر محصولات دیگر مانند نقاشی، کاغذ، چسب و واکس دارند. با تحقیق بیشتر، یک کلاس از این دسته ترکیبات به نام توسعه یافت. پلی اکریلات به همراه اسید اکریلیک در ساخت حجم دهنده ها و امولسیفایرها استفاده می شود. از دهه گذشته، استفاده از اکریلیک در دو بخش خاص بسیار محبوب بوده است. این دو بخش عبارتند از: تولید پلیمرهای سوپر جاذب (SAPS) و پلیمرهای مورد استفاده در ساخت مواد شوینده. گزارش شده است که این SAP های منحصر به فرد تقریباً ۳۰٪ از مصرف جهان در بازار اکریلیک اسید را به خود اختصاص داده اند (73).

۳-۴-۵: بازار خارجی و داخلی اکریلیک اسید:

اکریلیک اسید در چین و ایالات متحده آمریکا به مقدار زیاد تولید می شود و بیشترین مقدار صادرات این ماده را این کشور ها دارا هستند. همچنین چین ۷۵٪ از اکریلیک اسید داخل ایران را تامین می کند. انتظار می رود که بازار جهانی اسیدهای اکریلیک تا سال ۲۰۲۲ به ۲۲,۵۵ میلیارد دلار برسد، طبق تحقیقات جدید توسط Grand View Research، Inc افزایش تقاضای اسید اکریلیک در پلیمرهای سوپر جاذب (SAP) عامل اصلی تولید این ماده است. آسیا اقیانوسیه و آمریکای مرکزی و جنوبی انتظار می رود نقش مهمی در توسعه این تقاضا داشته باشند. (78)

جدول ۳-۳۰: بازار تولیدات اکریلیک اسید در جهان

جزئیات	گزارش (78)
۲۰۱۶-۲۰۲۲	دوره پیش بینی شده
ایالات متحده آمریکا، آسیا، اروپا و آسیا اقیانوسیه	مناطق تحت پوشش
BASF SE (آلمان) Evonik Industries (آلمان) Nippon Shokubai Co. Ltd. (ژاپن) Dow Chemical (ایالات متحده) LG Chem Ltd (کره شمالی) Mitsubishi Chemical (ژاپن) Sasol Limited (آفریقای جنوبی)	اصلی ترین کمپانی های تولید کننده

بنابر تحقیقات بدست آمده این ماده در داخل ایران دارای واحد تولیدی نمی باشد و تنها توسط شرکت های تامین کننده این ماده بازار داخلی خود را حفظ کرده است.

در جدول زیر لیست کشور هایی که اکریلیک اسید به ایران وارد کرده اند آمده است. این امار توسط سایت تریدمپ بدست آمده است.

جدول ۳-۳۱: کشور های واردکننده اکریلیک اسید به ایران

کشور وارد کننده	سال ۲۰۱۸
چین	۷۹۸ تن
کره جنوبی	۱۶۰ تن
امارات	۱۴۴ تن
اندونزی	۳۲ تن
ترکیه	۲۴ تن
هند	۱۶ تن
فرانسه	---

۳-۴-۶: انتخاب روش های تولیدی مواد

براساس روش های تولیدی و بازار جهانی و داخلی مواد و همینطور باتوجه به اینکه مهیا کردن اینکه کدام مواد اولیه راحت در دسترس قرار دارد و از نظر اقتصادی بصره است، همچنین این مواد با چه روشی تولید میشوند بررسی های مورد نظر صورت گرفت. در نتیجه براساس احداث واحد چند منظوره فرایند های مورد نظر انتخاب شدند. در جدول زیر توضیحات لازم جهت انتخاب فرایند داده شده است.

باتوجه به آمار واردات و صادرات بررسی شده، یک واحد تولیدی برای تولید گلیسرین، یک واحد تولیدی جهت تولید اسید چرب در کشور وجود دارد. ماده اکریلیک اسید، پروپیلن گلایکول و سوپر جاذب پلیمر در کشور واحد تولیدی ندارد و تنها توسط تامین کنندگان رفع نیاز میشود. در بین فرایندهای نوشته شده با توجهات زیر، فرایندهای مورد بررسی برای طراحی مفهومی واحد چند منظوره انتخاب شدند.

فرایندها با در نظر گرفتن توجهاتی از قبیل اینکه کدام فرایند روند علمیتی ساده تری دارد، کدام فرایند هزینه های عملیاتی کمتری دارد، کدام مواد اولیه قیمت قابل قبول تری دارند یا در داخل کشور تولید میشوند، کدام فرایند در دما فشار پایین تری انجام میشود و در نهایت کدام فرایند به لحاظ زیست محیطی قابل قبول تر است، انتخاب شدند.

جدول ۳-۳۲: دلیل انتخاب فرایند های مربوطه

نام فرایند	توضیح جهت انتخاب فرایند
۳-۳-۴: تولید اسید چرب و گلیسرین به وسیله هیدرولیز روغن یا چربی	۱. ماده اولیه این فرایند چربی (Tallow) بوده که به وفور در کشور یافت میشود. ۲. به دلیل استفاده از بخار (steam) فراورده ها در فاز بخار تشکیل میشوند ۳. انتقال جرم در کل فرایند سریع انجام میشود. ۴. واکنش غیر هیدرولیتیک و فرار سازی بدون کاتالیزور انجام شود. ۵. بطور معمول فرایند هیدرولیز در فشار بالا انجام میشود اما این اختراع فرایند را در فشار اتمسفر و یا نزدیک به آن پیش می برد. ۶. اسید چرب و گلیسرین به راحتی جدا می شوند. ۷. بخار بدون تغییر میتواند مجدد به سیستم برگردد.
۳-۴-۳: تولید اکریلیک اسید از گلیسرین	۱. ماده اولیه این فرایند گلیسرین بوده که از نظر زیست محیطی به پروپیلن که روش متداول تولید اکریلیک اسید است، ترجیه داده میشود.
۳-۲-۳: تولید پروپیلن گلایکول از گلیسرین	۱. واکنش در فاز مایع انجام میشود. ۲. دما و فشار واکنش اتمسفریک است.

مرحله بعد از این فعالیت، به شبیه سازی تک تک واحد ها توسط نرم افزار Aspen Hysys پرداخته می شود. البته این طراحی به صورت دستی نیز قابل انجام است.

فرایند تولید اکریلیک اسید از گلیسرین برای نمونه شبیه سازی شده است، که بدلیل منسجم ماندن متن در ضمیمه ۱ قرار گرفته است. برای مطالعه کامل فرایند به قسمت (۳-۴-۳: تولید اکریلیک اسید از گلیسرین) رجوع شود.

فصل چهارم

طراحی دو پارک شیمیایی برای تولید همزمان محصولات منتخب

در این فصل با توجه به مواد اولیه و فرآیندهای تولید محصولات منتخب که در فصل قبل به آنها اشاره شد، آرایش دو پارک شیمیایی برای تولید همزمان محصولات مذکور ارائه میگردند. اگرچه محصولات منتخب با توجه به آمار واردات مواد شیمیایی و ارزش آنها انتخاب شده اند و منطقیست که تولید آنها در داخل کشور دارای توجیه اقتصادی باشد (بخصوص با توجه به سیاستهای تشویقی دولت برای تولید داخلی و جلوگیری از خروج ارز از کشور)، با این حال برای تولید محصولات شیمیایی مذکور باید تحلیل اقتصادی مقدماتی نیز انجام گردد. لذا این موضوع نیز به شکل اجمالی در این فصل ارائه شده است. مفهوم بازار و بازاریابی در مطالعات امکان سنجی به خواسته های بازار که شامل بازار هدف و نیاز جامعه است، اشاره دارد. در واقع بررسی محصول، میزان نیاز جامعه و کشور به محصول موردنظر، برنامه های تولیدی، واحد های در حال احداث و در نهایت تعیین ظرفیت کارخانه در مطالعات بازار امکان سنجی قرار میگیرد.

۱-۴: مطالعه عرضه و تقاضا:

نیاز روزافزون مردم به محصولات آرایشی و بهداشتی سبب شده نیاز کشور به این محصولات (گلیسرین و پروپیلن گلیکول) حساس شود، و از مواد اولیه این محصول چربی و پیه است که در ایران دامپروری از اهمیت زیادی برخوردار است. زیرا کشور ما دارای منابع طبیعی زیادی برای پرورش دام می باشد. اکریلیک اسید نیز مانند گلیسرین کاربرد فراوانی در صنایع مختلف دارد و باتوجه به نیاز کشور به این ماده و عدم وجود واحد تولیدی در کشور، تولید داخلی این ماده نیز بسیار حائز اهمیت است. ماده اولیه تولید اکریلیک اسید نیز براساس فرایندها پروپیلن و گلیسرین است. گلیسرین و اسیدهای چرب (استئاریک و پالمیتیک اسید) و پروپیلن گلیکول همچنین اکریلیک اسید و سوپر جاذب پلیمر (SAP) از مواد با ارزش شیمیایی به لحاظ کاربرد فراوانی که در گرید های مختلف دارند، به عنوان محصولات اصلی واحد چند منظوره انتخاب شدند.

۲-۴: آمار وزنی و قیمتی مواد مورد استفاده در واحد چند منظوره:

در جدول زیر قیمت مواد مورد بررسی و کاتالیست های مورد نیاز برای هر فرایند و برای تولید داخل و جهانی آورده شده است. براساس آمار بدست مده قیمت واحد برای هر ماده محاسبه شده است.

جدول ۳۴-۴: قیمت مواد مورد بررسی و کاتالیست های مورد نیاز برای هر فرایند

نام مواد	وزن (کیلوگرم)	قیمت (ریال)	قیمت (دلار)	قیمت واحد (دلار- گمرک)	قیمت واحد (دلار- سال ۲۰۲۰)
پروپیلن (C ₃ H ₆)	3,050	835,340,155	19,890	\$ 1,600	\$ 1,050
گلیسرین (C ₃ H ₈ O ₃)	18,956,140	841,062,981,066	20,025,609	\$ 1,050	\$ 900
اکرولین (C ₃ H ₄ O)	-	-	-	-	\$ 1600
پروپیلن گلیکول (C ₃ H ₈ O ₂)	9,998,410	708,872,896,090	16,812,141	\$ 1,680	\$ 2,640
اکریلیک اسید (C ₃ H ₄ O ₂)	10,847,622	799,466,663,696	19,056,014	\$ 1,750	\$ 1,600
سوپر جاذب (SAP)	45,975,450	3,575,788,049,483	85,166,038	\$ 1,850	\$ 1,700
سدیم هیدروکسید جامد (NaOH)	1,303,305	53,405,191,441	1,270,106	\$ 970	\$ 125
هیپو کلرو اسید (HOCl)	-	-	-	-	\$ 1,200
کلر (Cl ₂)	-	-	-	-	\$ 60
هیدروژن	613	1,637,284,876	38,984	\$ 63,600	\$ 300
اکسیژن	47	67,767,264	1,614	\$ 34,300	\$ 795
استئاریک اسید و پالمیتیک اسید	18,237,029	1,055,504,664,102	25,235,470	\$ 1,380	\$ 1,500
کاتالیست-زینک (Zn)	-	-	-	-	\$ 2,800
کاتالیست-FePo4	-	-	-	-	\$ 3,000

۳-۴: شرایط واردات و صادرات:

شرایط واردات و صادرات گلیسرین، استئاریک اسید، پالمیتیک اسید، پروپیلن گلیکول و اکریلیک اسید با توجه به آمار بدست آمده از سایت trademap در شکل های (۲-۳، ۲-۷، ۲-۹، ۲-۱۱) آمده است.

بررسی میزان نیاز کشور به ۵ ماده منتخب در سال ۲۰۲۲ مستلزم برآورد تولید و مصرف در سال می باشد. در نتیجه برآورد میزان تولید و مصرف در سال می باشد. (این برآورد تنها براساس تولید داخل محاسبه شده است). مقدار تولید مواد در سال ۲۰۲۲ براساس واحد های تولیدی که هم اکنون فعالیت می کنند و براساس واحد هایی که قرار است احداث شود، در نظر گرفته می شود. (این برآورد برای زمانی محاسبه میشود که نیاز باشد هر کدام از واحد ها به تنهایی شبیه سازی و امکان سنجی گردد).

۴-۴: برنامه های تولید:

برای محاسبه مقدار تولید در سال مورد نظر باید ظرفیت واحد های در اجرا را با مقدار ظرفیت (۶۰٪) و واحد های در حال اجرا با ظرفیت (۳۰٪) را مورد بررسی قرار داد. بر اساس طرح های موجود واحد هایی که با ظرفیت کمتر از ۳۰٪ فعالیت فیزیکی دارند، تا سال مورد نظر بهره برداری نخواهند شد. بنابراین اگر واحد های در حال اجرا ۶۰٪ ظرفیت خود را بکار بگیرند و بین ۶۰ تا ۱۰۰ درصد پیشرفت فیزیکی داشته باشند (با برآورد کمترین مقدار=۶۰٪)، و واحد های دیگر اگر پیشرفت فیزیکی کمتر از ۳۰٪ باشد، واحد مورد نظر تا سال ۲۰۲۲ به مرحله احداث نخواهد رسید، و محاسبه مقدار ماده تولیدی برای سال ۲۰۲۲ به این شرح است.

با توجه به موارد فوق تولید در سال ۲۰۲۲ از مجموع برآورد تولید در سال ۲۰۱۸ و برآورد تولید واحدهای در دست اجرا تا سال ۲۰۲۲ به بهره برداری میرسند، میباشد که در این قسمت محاسبه میشود. باتوجه به اینکه تنها شرکت تولیدی داخلی گلیسرین ۱۸۰۰۰ تن در سال گلیسرین تولید می کند میزان مصرف کشور محاسبه می شود.

مقدار مصرف: میزان مصرف کشور با توجه به پیشرفت صنایع، نیاز جامعه و مقدار رشد جمعیت و فرمول مقابل محاسبه میشود:

مصرف=واردات+تولید-صادرات

باتوجه به اینکه مقدار صادرات محصولات شیمیایی در کشور ما ناچیز است، اگر فرض شود میزان مصرف محصولات مورد نظر هر ساله تا ۱۰٪ افزایش یابد: میزان مصرف محصولات در سال ۲۰۲۲ بصورت زیر خواهد بود:

ظرفیت انتخابی برای احداث واحد در سال ۲۰۲۲: میزان تولید محصول در سال ۲۰۲۲ مستلزم برآورد تولید و مصرف در این سال می باشد. بدین منظور بر اساس بررسی های صورت گرفته باید ظرفیت واحد های تولیدی در حال فعالیت و ظرفیت واحد های تولیدی در حال احداث را مد نظر قرار داد. براین اساس از آنجاییکه یک واحد تولیدی در کشور با ظرفیت ۱۸۰۰۰ تن در سال در حال فعالیت است و ظرفیت واحدهای تولیدی در حال احداث را می توان برابر صفر گرفت. با فرض اینکه، این واحد ها کمتر از ۳۰ درصد پیشرفت فیزیکی دارند و احتمالاً تا سال مورد نظر به بهره برداری نخواهند رسید. همچنان اگر میزان مصرف کشور هر ساله ۵٪ افزایش یابد، روند محاسبه به شرح زیر است:

$$۱۸۰۰۰ + ۱۳۳۵۸ - (۲۶) = ۳۰۳۳۲ \rightarrow \text{مصرف (سال ۲۰۱۸)} = \text{تولید} + \text{واردات} - \text{صادرات}$$

برآورد مصرف در سال ۲۰۲۲ = ۳۸۷۱۲ تن در سال

محاسبه مقدار نیاز کشور نیز بر این اساس حساب شده است:

$$۲۰۷۱۲ = ۳۸۷۱۲ - ۱۸۰۰۰ \rightarrow \text{نیاز} = \text{مصرف} - \text{تولید}$$

براین اساس ظرفیت پیشنهادی برای سال مورد نظر ۲۰۰۰۰ تن در سال در نظر گرفته شده است.

البته بهتر است باتوجه به نوع محصول و بازار هدف ظرفیت واحد مورد نظر کمتر از مقدار نیاز برآورد شده در نظر گرفته شود چرا که ممکن است بخشی از بازار به دلایل مختلفی (تحریم ها، نوسانات ارزی و...) دیگر متقاضی محصول مورد نظر نباشد و بنابراین باعث میشود عرضه زیاد و تقاضا کم شود. که این موجب آسیب های فنی و اقتصادی به واحد خواهد شد. ولی در این پروژه این موضوع فعلاً در نظر گرفته نشده است. همچنین در صورتی که تقاضای داخلی کم شود میتوان به پتانسیل صادرات نیز توجه نمود.

روشی که برای بدست آوردن ظرفیت محاسبه شده، برای احداث تک واحد شیمیایی برای مثال واحد تولیدی گلیسرین است که به عنوان نمونه آورده شده است. از آنجاییکه هدف از تحقیق مورد نظر طراحی کلی واحد چند منظوره یا پارک شیمیایی است ظرفیت واحد ها جدا جدا و برابر با مقدار واردات نظر گرفته شده است که در ادامه شرح داده می شود. در این بخش هدف پروژه که همان طراحی واحد چند منظوره است مورد بررسی قرار گرفته است. بدین صورت که ابتدا بصورت مختصر به تعریف پارک و اهداف آن پرداخته شد و سپس طراحی واحد شیمیایی مورد نظر بر اساس مهم ترین استانداردهای لازم انجام شده است.

۵-۴: پارک شیمیایی:

پارک های شیمیایی (Chemical park) یا واحدهای چند منظوره شیمیایی، از چند واحد شیمیایی مرتبط به هم با مدیریت حرفه ای تشکیل شدند. اپراتورهای آنها خدمات گسترده ای را به سرمایه گذاران ارائه می دهند. پارک های شیمیایی سرمایه گذاران را قادر می سازد تا با تمرکز در زمینه های اصلی خود و استفاده از زیرساخت های استثنایی و خدمات مشترک در تک واحدهای شیمیایی، تجارت خود را توسعه دهند. پارک های شیمیایی آلمان که در مرکز اروپا واقع شده است، شرایط استثنایی را برای سرمایه گذاری تجاری یا کارخانجات شیمیایی ارائه می دهند. اولین پارک شیمیایی آلمان در سال ۱۸۹۳ در Bitterfeld-Wolfen تاسیس شد و سنگ بنای آن برای محل شیمیایی Saxony-Anhalt گذاشته شد. امروزه ایالت فدرال یکی از مدرن ترین مراکز شیمیایی در اروپا است. (79)

یکی از بهترین و موثرترین راهکارهای توسعه فناوری در زمینه صنایع شیمیایی، توجه به مدل های توسعه مانند پارک های شیمیایی (صنعتی) یا واحدهای چند منظوره شیمیایی است. این شیوه اگرچه سالیان زیادی از عمر جهانی اش می گذرد اما هنوز در کشور اجرا نشده است. البته زیرساخت های لازم پارک های شیمیایی در حال بررسی و در مرحله فعالیت است اما همچنان به مرحله بهره برداری نرسیده است. پارک های شیمیایی در جهت تولید مواد مختلف میانی و نهایی، امر آموزش و تحقیقات، جهت دهی تحقیقات به سمت نیاز های صنعت شیمیایی، توجه به توسعه و مدیریت فناوری فعالیت می کنند و موارد ذکر شده از کارکردهای اصلی پارک های شیمیایی هستند. (79)

۱-۵-۴: تعریف پارک شیمیایی:

پارک شیمیایی مجموعه ای واحدهای تولیدی یا کارخانه تولیدی و مراکز تحقیقاتی وابسته به آن است که در یک محدوده جغرافیایی با امکانات مشترک و زیرساخت های لازم، زیر نظر و تحت حمایت دولت فعالیت می کنند. در پارک های شیمیایی، زیرساخت های لازم برای وجود واحدهای تولید کننده مختلف فراهم شده است تا با توجه به فناوری و تولید رقابتی به تولید و توسعه محصول بیندیشند. دیگر مسائل از قبیل مسائل خدماتی، بازرگانی، تحقیق و توسعه، منابع مالی به کارگزاران حرفه ای سپرده میشود. (79)

۲-۵-۴: مزایای احداث پارک های شیمیایی:

همانطور که گفته شد پارک های شیمیایی از واحدهای شیمیایی مرتبط به هم تشکیل شدند. از این رو از مزایای این واحدهای چند منظوره میتوان به موارد زیر اشاره کرد: با گردهم آوردن چند مرکز تولیدی از انرژی استفاده بهینه میشود. پارک های شیمیایی فرصتی برای به اشتراک گذاشتن مواد را فراهم می کنند. همچنین این واحدهای چندمنظوره سبب میشوند تا از محصولات جانبی واکنش های شیمیایی استفاده بهینه شود، امکانات تصفیه و دفع مشترک برای گازهای گلخانه ای ایجاد شود و در اتصالات حمل و نقل و استفاده از زمین صرفه جویی شود. از دیگر مزایای پارک های شیمیایی میتوان موارد ذیل را نام برد: (80)

- سودآوری و ارزش افزوده بالا
- کاهش هزینه ها، به خاطر زیرساخت و خدمات مشترک
- جذب سرمایه گذاری داخلی و خارجی (با توجه به اینکه یکی از موانع جذب سرمایه گذاری، نبود نظام مدیریتی قوی و قابل اطمینان می باشد، مطمئناً سرمایه گذاران تمایل بیشتری جهت ورود در چنین سیستم هایی خواهند داشت)
- امکان رقابت مثبت و هم افزایانه صنعتی و تجاری بین شرکتهای موجود در پارک، که این رقابت در نتیجه امکانات مشترک، ریسک مشترک و منافع مشترک محقق خواهد شد.
- توسعه منطقه ای، شامل توسعه بر مبنای ظرفیت ها، استعدادها، نیازها و امکانات در یک منطقه خاص
- ایجاد ارتباطی هدفمند و نتیجه گرا بین صنعت و دانشگاه و با جهت دهی تحقیقات دانشگاهی به نیازهای صنعتی موجود در پارک از طریق کاربردی کردن تحقیقات دانشگاهی در صنایع وابسته به پارک
- راهی مناسب جهت جذب متخصصین بومی منطقه جهت استفاده از توانمندی های آن ها در راستای توسعه اهداف تحقیقاتی
- الگوی جدید برای ایجاد صنایع کوچک و زمینه سازی برای رشد و ارتقای آن ها در مجموعه پارک صنعتی
- توسعه کارآفرینی با ایجاد کسب و کارهای جدید مبتنی بر خلاقیت و نوآوری
- اشتغال زایی بسیار بالا نسبت به سرمایه گذاری های انجام شده

۳-۵-۴: بررسی مدل های پیشرفته پارک های شیمیایی در جهان:

همانطور که در ابتدا و در تاریخچه پروژه ذکر شد آلمان اولین کشوری است که به احداث پارک شیمیایی اقدام کرده است. همچنین آلمان در حال حاضر یکی از بزرگترین قطب های تولید محصولات پتروشیمی و شیمیایی جهان محسوب می شود. در آلمان ۶۰ پارک صنعتی شیمیایی و پتروشیمی وجود دارد که هماهنگی و نظارت بر این پارک ها بصورت ایالتی صورت می گیرد. (81) همانطور که گفته شد اکثر این پارکها در قالب ۵ منطقه

شیمیایی (Chem Coast)، (Ce chem Net)، (Chem site)، (Chem cologne) و (Chem Delta Bavaria)، دسته بندی شده اند تا از این طریق، بستر منطقه ای کارآمد برای همکاری بین تولیدکنندگان مواد شیمیایی، پتروشیمیایی و تأمین کنندگان زیرساخت ها، خدمات و دیگر ورودی ها ایجاد شود. اندازه (Scale) این پارک ها متفاوت است، به طوری که بعضی از آنها یک کارخانه بزرگ به نظر می آیند، درحالی که بعضی دیگر، ساختار گسترده تری دارند. تعداد شرکت های موجود در پارک های شیمیایی آلمان نیز به شکل قابل توجهی از ۲ تا بیش از ۶۰ شرکت مستقل، متفاوت است. در پارک های شیمیایی آلمان، همه شرکت های زنجیره ارزش صنعت شیمیایی و پتروشیمیایی از تولیدکنندگان مواد خام تا پردازنده ها و تولیدکنندگان محصول نهایی و همچنین شرکت هایی از حوزه های وابسته به این صنایع مثل نفت خام، کاغذ و خمیر کاغذ، تجهیزات فلزی و تأمین کنندگان ماشین آلات نیز قادر به فعالیت هستند. (82)

جزیره جورانگ سنگاپور سومین مرکز پالایش جهان را دارا است. این کشور یکی از موفق ترین پارک های شیمیایی جهان را در خود جا داده است. براساس مطالعات انجام شده این کشور سیاست های خوبی را برای انجام این هدف بکار گرفته است. (83) تحلیل شخصی: بررسی سیاست های کشور سنگاپور میتواند راه گشای مشکلات عدیده پارک های شیمیایی در ایران باشد. به عقیده رضا درخشان فر، نماینده شرکت مشاوران مدیریت سرمایه گذاری ارگ که این شرکت در بخش پتروشیمی ایران فعالیت میکند، مشکلات صنعت پتروشیمی ایران را در عدم شناخت کافی از زنجیره ارزش و تکمیل آن و فقدان استراتژی لازم و عدم حمایت دولت خلاصه کرده است. (84)

در اینجا لازم است عواملی که سبب موفقیت پارک های شیمیایی در کشورهای موفق از جمله سنگاپور شده بیان شود. در ابتدا از حمایت همه جانبه دولت کشور سخن به میان می آید که دولت باید با ایجاد شورای صنعت شیمی به بررسی مشکلات تولیدکنندگان صنعت شیمیایی و بررسی نیاز ها بپردازد. از لزومات دیگر این کار میتوان به وجود شرکتی در نزدیکی احداث همان پارک شیمیایی اشاره کرد، شرکتی که نمایندگانی از گروه های سرمایه گذاری، وزات منابع انسانی، و واردات تجارت و صنعت داشته باشد. سازمان آب، سازمان نیرو، اتحادیه کارگری صنایع شیمیایی و زارت دفاع. تمام بخش های ذکر شده وظیفه برنامه ریزی، تنظیم گری، توسعه و بازاریابی پارکها را به عهده دارد. در واقع تاسیس این شرکت نقش مهمی در هماهنگی مجموعه های پارک، تسریع در اجرای تصمیمات و سیاست ها دارد. همچنین وجود چنین واحد های چند منظوره ای که بتوانند به موفقیت برسند، نیازمند یک قرارداد یا پیمان تجارت آزاد است. این قرارداد، یک توافق دو یا چند جانبه طبق قوانین بین المللی برای تشکیل منطقه تجارت آزاد بین کشورهای همکاری کننده است. این توافق نامه برای کاهش موانع واردات و صادرات در میان کشور ها است. براساس سیاست تجارت آزاد، کالاها و خدمات میتوانند در مرزهای بین المللی با تعرفه های دولتی، سهمیه یا ممنوعیت جلوگیری از مبادله آنها، سراسر مرز های بین المللی خرید و فروش شوند. ادغام و همکاری های اقتصادی میتواند تأثیرات فراوانی مانند افزایش مبادلات تجاری، بهبود و رفاه اقتصادی دو یا چند کشور داشته باشد. برای مثال دولت سنگاپور در راستای تقویت سرمایه گذاری در این کشور با حدود ۲۵ کشور تفاهمنامه تجارت آزاد ایجاد کرده است. این تفاهم نامه باعث صرفه جویی قابل ملاحظه ای در فرایند صادرات و واردات شرکت های پارکهای شیمیایی در این کشور شده است. (85) حال میتوان به این پرسش رسید که احداث پارکهای شیمیایی در ایران بطور کلی چگونه میتواند انجام شود. در ادامه، مراحل بصورت خلاصه بیان میشود. و روند احداث در کشور نیز توضیح داده میشود.

۴-۵-۴: مراحل احداث پارک شیمیایی:

این طرح بزرگ صنعتی نیاز به بررسی موارد زیادی برای رسیدن به نتیجه مطلوب دارد لذا در اینجا به اختصار به توضیح مراحل احداث پارک پرداخته میشود.

فاز اول: مطالعات اولیه و فنی پایه:

مطالعات اولیه شامل دانش لازم در جهت پیشروی پروژه است. این مطالعات شامل بررسی و معرفی منابع اصلی و زیرساختها در مکان انجام پروژه، معرفی محصولات احتمالی، انجام مطالعات توجیه پذیری مقدماتی (pre-feasibility studies or PFS) و مطالعات عدم توجیه پذیری مقدماتی (un feasibility studies) این محصولات می باشد. فاز اول پروژه معمولاً در چهار بخش که در ادامه ذکر میشود قابل انجام است. ابتدا به بررسی مکان انجام پروژه پرداخته میشود. این بررسی شامل ارزیابی خصوصیات اقلیمی، ویژگی های جغرافیایی، لرزه نگاری است که برای انتخاب مکان مورد نظر باید انجام شود. مسئله بعدی مورد بررسی در این مورد اینکه ماده اولیه ورودی به پارک، تا چه حد در محل احداث پروژه قابل دسترسی است. متخصصان داده های مواد اولیه زیرساخت های موجود و ممکن، همه خوراک، محصولات، واحد های مورد نیاز و منابع انسانی مربوط به مناطق مدنظر را جمع اوری می کنند. البته این کار با مشاهده مستقیم، مصاحبه، آنالیز، بررسی مدارک رسمی باید انجام شود. مرحله بعد تمام محصولات تولیدی از ماده اولیه معرفی میشوند و مطالعات توجیه پذیری مقدماتی در سه بعد مالی/فنی/بازار برای این محصولات انجام میشود. در پایان فاز اول لیست محصولات ممکن شناسایی می گردد. (83)

همانطور که اشاره شد در ابتدا احداث واحد های چند منظوره، مطالعات مقدماتی انجام میشود. یعنی ابتدا بررسی های لازم در خصوص ارزیابی خصوصیات اقلیمی انجام میشود و واحد های مورد نیاز و نیاز جامعه به محصولات شیمیایی ارزیابی میشود. سپس محصولات مورد نیاز شناسایی شده و لیست میشود.

در این رساله، و بعنوان بخش اول یک فعالیت گستره تر، در فاز اول تحقیق به بررسی مناطق مستعد پرداخته میشود. سواحل ایران به دلیل داشتن مزایایی از قبیل؛ دسترسی به خوراک، دسترسی به بازارهای مصرف از طریق بنادر تجاری و دسترسی به آبهای صنعتی مستعد توسعه این پارک ها هستند. باتوجه به شرایط حال حاضر ایران و وجود تحریم ها، حدود ۹۰٪ مواد شیمیایی کشور وارداتی هستند و چنین چالشی با احداث پارکهای شیمیایی تا حد زیادی رفع میشود. مواد شیمیایی مورد نیاز کشور بر اساس رتبه وزنی و قیمتی طی ۱۰ سال در فصل دوم انتخاب شدند و پنج مورد از پرکاربرد ترین آنها براساس میزان واردات و کاربرد مواد انتخاب شدند. همچنین برای احداث پارکهای شیمیایی باید به این مهم توجه نمود که مواد را بتوان در یک زنجیره ارزش قرار داد. براساس بررسی های انجام شده در فصول قبل، گلیسرین، استئاریک اسید، پالمیتیک اسید، پروپیلن گلاکول و اکریلیک اسید به عنوان محصولات پارک های شیمیایی انتخاب شدند.

فاز دوم: طراحی زنجیره تولیدی

پیش از آنکه به بررسی و چگونه انجام فاز دوم تحقیق پرداخته شود، لازم است اصطلاحات زنجیره ارزش و خوشه صنعتی و مدل دایموند تعریف شود. زنجیره ارزش یک مفهوم مهم در تحلیل کسب و کار است که اولین بار توسط مایکل پورتر^{۲۹} مطرح گردیده و همچنان مورد استفاده قرار می گیرد. زنجیره ارزش دنباله فعالیتهایی است که یک تجارت برای ایجاد و ارائه محصولات ارزشمند انجام می دهد. در واقع زنجیره ارزش از مجموعه های کوچکی تشکیل شده که برای توسعه خدمات و محصولات مورد استفاده قرار میگیرد، این زنجیره از ابتدای تولید و از ابتدای فرایند تا ارائه محصول مورد توجه قرار میگیرد. مایکل پورتر تحلیل زنجیره ارزش را به فعالیت های اصلی تقسیم کرده که در ادامه ذکر میشود. فعالیت های اصلی زنجیره پورتر شامل لجستیک داخلی، لجستیک خارجی، فعالیت عملیاتی، بازاریابی، فروش و خدمات است. هدف از فعالیت های اصلی در زنجیره ارزش این است که ارزش محصولات بالاتر از هزینه های اجرایی شود و سود بالایی در کسب و کار به وجود آید. (84)

لجستیک داخلی: تدارکات درون سازمانی شامل دریافت، انبارداری و کنترل موجودی مواد اولیه یک شرکت است.

لجستیک خارجی: تدارکاتی که برای توزیع محصول بین مصرف کنندگان انجام میشود.

فعالیت های عملیاتی: به فرایند تولید محصول از مواد اولیه گفته میشود که طی آن مواد اولیه به فراورده تبدیل میشوند.

بازاریابی و فروش: شامل فعالیت هایی است که بر اساس نیاز جامعه به محصول صورت میگیرد و همچنین به مسئله قیمت محصولات پرداخته میشود. خدمات: شامل سرویس پاسخگویی به مشتریان، تعمیر و نگهداری، بازپرداخت و مبادله است.

همچنین مایکل پورتر از فعالیت های پشتیبان سخن میگوید که نقش مهمی در درک و تجزیه تحلیل زنجیره ارزش دارد. در واقع فعالیت های پشتیبان به فعالیت های اصلی کمک میکنند که به مزیت رقابتی برسند. از مهم ترین آنها میتوان به توسعه فناوری، زیرساخت ها، منابع انسانی و تامین اشاره کرد. همانطور که از عناوین پیداست، توسعه فناوری در واقع بیان میکند که از فناوری و تکنولوژی هایی در بازار کار استفاده شود که در جهت صرفه جویی در هزینه ها باشد. (88) تحلیل شخصی: برای مثال فرایند های مختلف برای تولید مواد شیمیایی مطالعه میشود در نتیجه براساس این فعالیت، فرایندی انتخاب میشود که به لحاظ اقتصادی بصره باشد و بطور کلی روند ساده عملیاتی داشته باشد. هر سازمان و هر تجارتی باید از ابتدای کار به این مسئله فکر کند که زیر ساخت های لازم برای انجام پروژه را داشته باشد، در واقع باید مطمئن شود که زیرساخت های مدیریتی بخوبی کار میکنند و به پیشروی شرکت کمک میکنند. زیرساخت ها مسائل مهمی هستند که در صورتی که با بازده کم انجامد شود در روند پروژه اختلال ایجاد میکنند و منابع را هدر می دهند. منابع انسانی نیز بطور کلی شامل جذب افراد کاردان و باتجربه است که شرکت را به اهدافش نزدیک کند. اما در صورت عدم وجود افراد مناسب، شرکت میتواند فرصتی مهیا کند تا به افراد آموزش دهد. تامین نیز به بررسی مواد اولیه می پردازد که بتواند مواد اولیه را با بالاترین کیفیت و با در نظر گرفتن بودجه شرکت در اختیار تولید کنندگان قرار دهد.

خوشه صنعتی مفهوم دیگری است که در این جا باید بیان شود. براساس تعریف آقای پورتر، خوشه صنعتی عبارت است از تمرکز واحدهای کسب و کار و سازمان های مرتبط آن ها در یک زمینه خاص، که در یک منطقه جغرافیایی برای تکمیل فعالیت های یکدیگر با هم همکاری می کنند. این سازمان ها دارای اهداف مشترکی هستند، محصولات مشترک تولید میکنند و از چالش ها و فرصتهای مشترک بر خوردار هستند. (84) همچنین ایشان مدل موفق "دایموند"^{۳۰} دارند که در بسیاری از خوشه های صنعتی بکار رفته است. ایشان معتقد اند که برای به موفقیت رسیدن خوشه های صنعتی چهار عامل؛ عوامل درونی، شرایط تقاضا، صنایع پشتیبانی کننده، استراتژی، ساخت و رقابت باید مورد توجه قرار گیرد. این فاکتورهای چهارگانه بشکلی هستند که میتوانند روی یکدیگر تاثیر بگذارند و تغییرات در هر کدام از موارد به دیگری وابسته است. همچنین عامل دولت و اتفاقات پیش بینی نشده نیز بصورت غیر مستقیم مطرح میشود که بر عوامل چهارگانه تاثیر دارد. (84)

با تحلیل انجام شده در این رساله، از موضوعات ذکر شده میتوان بیان کرد که که پویایی یک خوشه صنعتی که به موفقیت پارک های شیمیایی می انجامد به چند عامل مهم بستگی دارد. اولین و مهم ترین عامل میتواند تخصص باشد. یعنی وجود افراد متخصص و کاردان و باتجربه در به سرانجام رسیدن این دست تحقیقات میتواند بسیار موثر باشد. افرادی که دانش لازم را برای تمام مراحل پروژه داشته باشند. دومین عامل توجه به عوامل تولید پیشرفته است. یعنی بررسی و انتخاب فرایندی که به تولید راحت تر (فرایند عملیاتی ساده تر) و بصره تر محصولات بیانجامد. این عامل میتواند روی

²⁹ Michael Porter

³⁰ Diamond Model

عامل دیگر که رقابت است تاثیر بگذارد. در واقع اگر متخصصان با مطالعات و بررسی های انجام شده فرایندی را انتخاب نمایند که به لحاظ عملیاتی ساده تر و هزینه های عملیاتی کمتری نیز داشته باشند، نسبت به دیگر تولید کنندگان امکان پیشرفت بیشتری دارند و مسلماً کارکرد آنها برای سرمایه گذاران جذاب تر است در نتیجه سرمایه گذاران به سمت این دست تجارت ها بیشتر جذب میشوند. از آنجاییکه چنین فعالیت هایی به تخصص فراوان و علوم مرتبط به تحقیق نیاز دارد، و لازم است علم افراد همواره به روز باشد و از تحقیقات جدید برای انجام بهتر فرایند ها استفاده شود، عامل مهم بعدی که بنظر بنده میتواند تاثیر گذار باشد ارتباط با مراکز آموزشی است. عامل چهارم و مهم دیگر که در تمام فعالیت ها از جمله خوشه صنعتی و احداث پارک های شیمیایی اهمیت بسیار دارد، همکاری منسجم است. آخرین عامل نیز که در تمام پارک های موفق جهان به آن اشاره شده حمایت دولت است که میتواند در چهار عامل ذکر شده تاثیر بگذارد.

زنجیره ارزش در واقع به معنای مجموعه ای از فعالیت های پشت هم گفته میشود که محصولات مورد نظر را از مواد خام اولیه تولید میکند که منجر به خلق ارزش میشود. شناسایی واحدهای صنعتی/خدماتی با کارکرد بالا و قرار دادن آنها در مکان درست از بخشهای مهم طراحی زنجیره تولیدی هستند. همچنین مطالعات لازم در این فاز شامل بررسی چیدمان مناسب محصولات واسطه، مواد کمک مصرفی، فعالیت های دفع ضایعات است که به منظور تکمیل زنجیره بکار می رود. (84)

با بررسی های انجام شده در فصول قبل میتوان بیان کرد که زنجیره ارزش در این تحقیق باتوجه به انتخاب فرایند ها مشخص شده است. تعریف زنجیره ارزش به فرایندی اشاره دارد که ارزش محصولات در آن بالاتر از هزینه های اجرایی شود و سودآوری بالایی برای تولیدکنندگان داشته باشد. بر این اساس فرایند های نوشته شده در فصل سوم مقایسه شدند و خلاصه توجیهات لازم جهت انتخاب هر فرایند در جدول ۳۳-۳ در فصل سوم آورده شد.

فاز سوم: طرح سوم پارک شیمیایی

این فاز بخش مهم و پیچیده ای از احداث پارک های شیمیایی محسوب میشود. این طرح تنها یک فلوچارت ساده نیست. این طرح چالشی است که سبب افزایش تولید و به حداکثر رساندن سود خالص میشود. ابتدا براساس زنجیر هایی که در مرحله قبل ایجاد شده فرایند ها و چگونگی تولید مواد هر کدام از واحد های تولیدی مورد بررسی قرار میگردد. پس از آن دیگر مسائل مانند نوع کسب و کار پارک و توجیه پذیری محیط زیستی باید بررسی شود. در ادامه باید مطالعات مفهومی به منظور تشریح و تجسم واحدهای شیمیایی و زنجیره ها و کل پارک انجام پذیرد. (84) (83) مواردی از قبیل، طرح کلی واحدهای شیمیایی (Block Diagram)، شبیه سازی فرایند، شناسایی نیازها، استراتژی فرایندها، برآورد هزینه، ارزیابی خطرات و ارزیابی پتانسیل موفقیت پروژه به عنوان هدف از طراحی مفهومی باید مدنظر گرفته شود. توجه به موارد ذکر شده، متخصصان را در اتخاذ تصمیمات درست که منجر به موفقیت پروژه شود توانا می سازد.

تحقیق مورد نظر در این مرحله نیز تاحدی پیش رفته است. طرح کلی هر یک از واحدهای شیمیایی برای هر یک از فرایند ها در فصل سوم رسم شده و شبیه سازی یکی از واحد ها نیز در قسمت ضمیمه آمده است. با این توضیح میتوان بیان کرد که براساس نمودار های بلوکی هر فرایند میتوان برای هر یک از فرایند ها استراتژی مناسب تعریف کرد و هزینه های عملیاتی را باتوجه به سایز نمودن تجهیزات، برآورد نمود. به دلیل گستردگی تحقیق، توجه به شبیه سازی و سایزینگ واحد ها مد نظر نبوده و تنها طرح کلی از پارک های شیمیایی انجام شده است. لذا فاز سوم تحقیق از مهمترین فعالیت های واحد های چند منظوره است که با شبیه سازی فرایند ها، سایز نمودن تجهیزات، برآورد قیمت و بررسی موفقیت یا عدم موفقیت پروژه برای هر یک از واحد ها به انتها می رسد. لازم به ذکر است که پارک های شیمیایی از چند واحد صنعتی تشکیل شدند که برای موفقیت یک پارک جامع شیمیایی به همکاری منسجم و مداوم متخصصان هر یک از واحد ها نیاز است. کاهش قابل توجه هزینه ها و افزایش بهره وری و تکمیل زنجیره های تولیدی از اصلی ترین دلایل احداث پارکهای شیمیایی است. بر این اساس وجود واحد های یوتیلیتی در چنین واحدهای چند منظوره بسیار حائز اهمیت است و واحد های یوتیلیتی نقش مهم و متفاوتی را در پارک های شیمیایی ایفا می کنند. وجود واحد های تصفیه آلاینده ها در واحد های یوتیلیتی سبب کاهش ضرر و زیان محیط زیستی میشود در نتیجه وجود چنین واحدهایی بسیار حیاتی است.

فاز چهارم: احداث پارک شیمیایی

این فاز در واقع نتیجه مراحل قبل است که منجر به ارائه طرح جامع پارک شیمیایی میشود. افراد کاردان آموزش یافته اند تا در بخش های مختلف پارک وظایفشان را انجام دهند. در تمام مراحل حمایت دولت و افراد متخصص برای سازماندهی ساختار مدیریت پارک لازم و ضروری است. این طرح میتواند چشم اندازی برای احداث پارک های شیمیایی مختلف در کشور باشد. (84) برای بررسی مسئله سرمایه گذاری، لازم است ایده های فنی، اقتصادی، و بهبود فرایند که از نظر سرمایه گذاری توجیه پذیر است مورد توجه قرار گیرد. همچنین توجه به شرایط مکانی احداث پروژه قابل اهمیت است. در چنین مراحل شرکت های متخصص یا افراد کاردان باید با توجه به منابع سرمایه گذاری خطرپذیر، کمک کنند تا ایده ها به فاز پیش سرمایه گذاری برسد. (85) در بخش پیش سرمایه گذاری، ایده ها از فیلتر رد شده اند و پتانسیل بالاتری برای سرمایه گذاران دارند. این مرحله همان طرح جامع امکان سنجی است بدین صورت که اطلاعات لازم فنی و بازار بررسی میشود و اطلاعات لازم برای ورود به مرحله سرمایه گذاری آماده میشود. سپس در این مرحله، مجموعه ای از پارامترهای وابسته مانند تحلیل فنی، مالی، محیطی برای انتخاب تکنولوژی و بازار هدف مناسب مورد بررسی قرار میگیرند. این مرحله از اهمیت زیادی برخوردار است و شامل بررسی مراحل انتخاب تجهیزات، مهندسی و طراحی و ساخت و نصب میشود. بنابراین

لازم است افراد متخصص در تمام مراحل با تمام توان حضور داشته باشند تا پروژه به موفقیت برسد. در نهایت پس از گذر از تمام مراحل گفته شده بهره برداری از پروژه با بالاترین بازده و کارایی، از اهداف انتهایی مرحله آخر است. (86)

در تحقیق مورد نظر احداث پارک شیمیایی تا مرحله انتخاب فرایند ها پیش رفته است. پروژه مورد نظر که احداث یک واحد شیمیایی چند منظوره یا پارک شیمیایی است و هدف این تحقیق، پیشنهاد یک مجتمع شیمیایی، تحت عنوان پارک شیمیایی یا واحد چندمنظوره است. در ارائه این پیشنهاد صرفاً توجیه اقتصادی مطرح بوده و هدف بررسی فنی و اقتصادی (Feasibility Study) و مکان یابی محل اجرا نبوده است. براین اساس برای توجیه اقتصادی طرح مورد نظر از مفهوم سود دهی استفاده شده است که در قسمت دیگر این تحقیق مورد بررسی قرار میگیرد. لذا برای توجیه اقتصادی، ظرفیت تک تک واحد ها براساس آمار واردات کشور محاسبه می شود. سپس قیمت محصولات و مواد اولیه محاسبه میشود. در نهایت سود دهی کل پارک محاسبه شده و موفقیت یا عدم موفقیت احداث دو پارک شیمیایی اعلام می گردد.

باتوجه به بررسی مواد وارداتی و بررسی آمار، دو پارک شیمیایی برای احداث و طراحی مفهومی در نظر گرفته شده است. در جداول زیر به ترتیب مقدار واردات و صادرات محصولات و مواد اولیه مورد نظر به واحد چند منظوره مورد نظر نشان داده شده است (از دو اسید چرب استئاریک و پالمیتیک اسید صرف نظر شده زیرا بطور همزمان با گلیسرین تولید میشوند و مقدار فراورده ها به مقدار تولید گلیسرین وابسته است):

جدول ۳۵-۴: آمار صادرات و واردات فراورده های واحد چند منظوره

ماده	واردات (تن در سال)	صادرات (تن در سال)
SAP	51,000	واحد تولیدی ندارد
Acrylic Acid	1,200	واحد تولیدی ندارد
Glycerin	12,000	26
Propylene Glycol	10,000	40

جدول ۳۶-۴: آمار صادرات و واردات مواد اولیه واحد چند منظوره

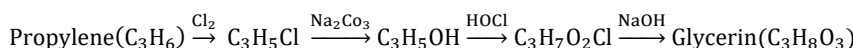
مواد اولیه	واردات (تن در سال)	صادرات (تن در سال)
پروپیلن (Propylene)	---	5
چربی جانوری (Tallow)	36	14,800

۵-۴-۵: واحد چند منظوره اول:

پروپیلن ماده اولیه تولید گلیسرین، اکریلیک اسید و پروپیلن گلیکول است و ماده اولیه واحد چند منظوره اول است. واحد تولیدی اول که همان تولید گلیسرین از پروپیلن است در محیط بازی و با محلول NaOH صورت میگیرد. ظرفیت تولید گلیسرین برابر با مقدار واردات است که از بررسی سایت های آمار مواد شیمیایی بدست آمده است. واحد تولیدی دیگر که با ماده (HOCl) انجام میشود به تولید پروپیلن گلیکول می انجامد، ظرفیت پروپیلن گلیکول نیز برابر با میزان واردات است. واحد تولیدی دیگر، اکریلیک اسید تولید می نماید که خود منجر به تولید سوپر جاذب (SAP) می شود. ظرفیت این واحد تولیدی نیز از انتهایی فرایند و براساس مقدار واردات (SAP) صورت گرفته است. محاسبه ظرفیت هر کدام از مواد پس از رسم طرح مفهومی انجام شده است.

برای محاسبه ظرفیت در چنین واحدهایی میتوان مقدار درصد تبدیل هر ماده را براساس منابع معتبر بدست آورد. برای مثال برای اینکه مشخص شود برای تولید سوپر جاذب چه مقدار اکریلیک اسید لازم است، بر اساس منابع بدست می آید. لذا در این جا بدلیل در دست نبودن اطلاعات لازم و محاسبه دقیق ظرفیت ها از واکنش فرایند ها استفاده شده است.

سنتز گلیسرین از پروپیلن یا پروپن:



$$\text{Import of Glycerin (C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 12,000 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} = \text{Glycerin capacity}$$

$$? \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{Glycerin} = 12,000 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{Gly} \times \frac{1000 \text{kg}}{\text{ton}} \times \frac{\text{Kmol}}{92.093 \text{kg}} \text{Gly} = 130,303 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{Glycerin}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{NaOH} = 130,303 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{Glycerin} \times \frac{1 \text{ kmol NaOH}}{1 \text{ kmol Glycerin}} \times \frac{39.99 \text{ Kg (NaOH)}}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 5,210 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{NaOH}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{Cl} = 130,303 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 \times \frac{1 \text{ kmol C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{Cl}}{1 \text{ kmol C}_3\text{H}_8\text{O}_3} \times \frac{110.53 \text{ Kg (C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{Cl)}}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 14,420 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{Cl}$$

$$? \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{Cl}) = 14,420 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{Cl}) \times \frac{1000 \text{Kg}}{\text{Ton}} \times \frac{1 \text{ Kmol}}{110.53 \text{ Kg (C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{Cl)}} = 130,462 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{Cl}$$

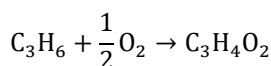
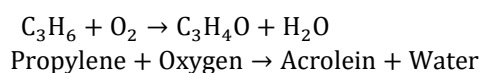
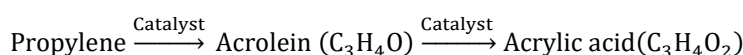
$$\begin{aligned}
? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (HOCl) &= 130,462 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (C_3H_7O_2Cl) \times \frac{1 \text{ kmol } HOCl}{1 \text{ kmol } C_3H_7O_2Cl} \times \frac{52.46 \text{ Kg } HOCl}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ Kg}} = 6,845 \frac{\text{Ton}}{\text{Year}} HOCl \\
? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (C_3H_5OH) &= 130,462 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (C_3H_7O_2Cl) \times \frac{1 \text{ kmol } C_3H_5OH}{1 \text{ kmol } C_3H_7O_2Cl} \times \frac{46.06 \text{ Kg } C_3H_5OH}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ Kg}} = 6,000 \frac{\text{Ton}}{\text{Year}} C_3H_5OH \\
? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (Na_2CO_3) &= 130,460 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (C_3H_5OH) \times \frac{1 \text{ kmol } Na_2CO_3}{1 \text{ kmol } C_3H_5OH} \times \frac{105.98 \text{ Kg } (Na_2CO_3)}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ Kg}} = 13,830 \frac{\text{Ton}}{\text{Year}} Na_2CO_3 \\
? \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (C_3H_5OH) &= 6000 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (C_3H_5OH) \times \frac{1000 \text{ Kg}}{\text{Ton}} \times \frac{1 \text{ kmol}}{46.06 \text{ Kg } (C_3H_5OH)} = 130,460 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} C_3H_5OH \\
? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (C_3H_5Cl) &= 130,460 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (C_3H_5OH) \times \frac{1 \text{ kmol } C_3H_5Cl}{1 \text{ kmol } C_3H_5OH} \times \frac{76.52 \text{ Kg } (C_3H_5Cl)}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ Kg}} = 9,980 \frac{\text{Ton}}{\text{Year}} C_3H_5Cl \\
? \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (C_3H_5Cl) &= 9982 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (C_3H_5Cl) \times \frac{1000 \text{ Kg}}{\text{Ton}} \times \frac{1 \text{ kmol}}{76.52 \text{ Kg } (C_3H_5Cl)} = 130,449 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} C_3H_5Cl \\
? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (Cl_2) &= 130,449 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (C_3H_5Cl) \times \frac{1 \text{ kmol } Cl_2}{1 \text{ kmol } C_3H_5Cl} \times \frac{70.9 \text{ Kg } (Cl_2)}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ Kg}} = 9,250 \frac{\text{Ton}}{\text{Year}} Cl_2 \\
? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (C_3H_6) &= 130,449 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (C_3H_5Cl) \times \frac{1 \text{ kmol } C_3H_6}{1 \text{ kmol } C_3H_5Cl} \times \frac{42.07 \text{ Kg } (C_3H_6)}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ Kg}} = 5,490 \frac{\text{Ton}}{\text{Year}} C_3H_6
\end{aligned}$$

بر اساس مقادیر بدست آمده از مواد اولیه، محصولات و سایر مواد مورد استفاده در فرایند ارزش وزنی و قیمتی هر یک از مواد بدست آمده است. جدول زیر نشان دهنده ی این مقادیر است.

جدول ۳۳-۴: مواد اولیه و فرآورده های سنتز گلیسرین از پروپیلن یا پروپن

نام مواد	قیمت واحد (دلار-سال ۲۰۲۰)	ارزش وزنی (تن/سال)	ارزش قیمتی (دلار/سال)
پروپیلن	1,050 \$	5,490	5,761,350 \$
آلیل کلراید (۱-Chloropropylene)	600 \$	9,980	5,988,000 \$
کلر	60 \$	9,250	555,000 \$
سدیم کربنات	22 \$	13,830	304,260 \$
آلیل الکل	350 \$	6,000	2,100,000 \$
هیپو کلرواسید (HOCl)	1,200 \$	6,845	8,214,000 \$
C ₃ H ₇ O ₂ Cl	1,900 \$	14,420	27,398,000 \$
سدیم هیدروکسید	125 \$	5,210	651,250 \$
گلیسرین	900 \$	12,000	10,800,000 \$

سنتز اکریلیک اسید از پروپیلن



$$\text{Import of (Acrylic acid)} = 1,200 \frac{\text{ton}}{\text{year}} = \text{Acrylic acid Capacity}$$

$$? \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{Acrylic acid} = 1,200 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{Acrylic acid} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{\text{Kmol}}{72.06 \text{ kg}} \text{Acrylic acid} = 16,652 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{Acrylic acid}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{Oxygen}) = 16,652 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (C_3H_4O_2) \times \frac{0.5 \text{ kmol } \text{Oxygen}}{1 \text{ kmol } C_3H_4O_2} \times \frac{16 \text{ Kg } \text{Oxygen}}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ Kg}} = 133 \frac{\text{Ton}}{\text{Year}} \text{Oxygen}$$

$$? \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (\text{Oxygen}) = 133 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{Oxygen}) \times \frac{1000 \text{ Kg}}{\text{Ton}} \times \frac{1 \text{ kmol}}{16 \text{ Kg } (\text{Oxygen})} = 8,312 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{Oxygen}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (C_3H_4O) = 8,312 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (\text{Oxygen}) \times \frac{1 \text{ kmol } C_3H_4O}{1 \text{ kmol } \text{Oxygen}} \times \frac{56.06 \text{ Kg } C_3H_4O}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ Kg}} = 465 \frac{\text{Ton}}{\text{Year}} \text{Acrolein}$$

$$? \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (\text{C}_3\text{H}_4\text{O}) = 465 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{C}_3\text{H}_4\text{O}) \times \frac{1000 \text{ Kg}}{\text{Ton}} \times \frac{1 \text{ Kmol}}{56.06 \text{ Kg}(\text{C}_3\text{H}_4\text{O})} = 8,294 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_4\text{O}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{C}_3\text{H}_6) = 8,294 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (\text{C}_3\text{H}_4\text{O}) \times$$

$$\frac{1 \text{ kmol Oxygen}}{1 \text{ kmol C}_3\text{H}_4\text{O}} \times \frac{16 \text{ kg Oxygen}}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ Kg}} = 132 \frac{\text{Ton}}{\text{Year}} \text{Oxygen}$$

$$? \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (\text{Oxygen}) = 132 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{Oxygen}) \times \frac{1000 \text{ Kg}}{\text{Ton}} \times \frac{1 \text{ Kmol}}{16 \text{ Kg}(\text{Oxygen})} = 8,250 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{Oxygen}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{Propylene}) = 8,250 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (\text{Oxygen}) \times \frac{1 \text{ kmol Propylene}}{1 \text{ kmol Oxygen}} \times \frac{42.08 \text{ Kg Propylene}}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ Kg}} = 347 \frac{\text{Ton}}{\text{Year}} \text{Propylene}$$

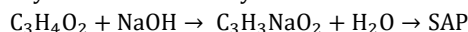
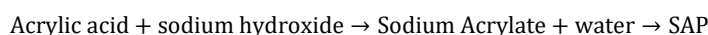
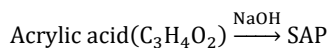
با توجه مشابه واکنش اول، این واکنش نیز براساس مقادیر بدست آمده از مواد ارزش وزنی و قیمتی مواد بدست آمده که در جدول ۳۸-۴ مورد مشاهده است.

جدول ۳۴-۴: مواد اولیه و فرآورده های سنتز اکریلیک اسید از پروپیلن

نام مواد	قیمت واحد (دلار-سال ۲۰۲۰)	ارزش وزنی (تن/سال)	ارزش قیمتی (دلار/سال)
پروپیلن	1,050 \$	347	364,350 \$
اکسیژن	300 \$	132	39,600 \$
اکرولین	1,600 \$	465	744,000 \$
اکسیژن	300 \$	133	39,900 \$
اکریلیک اسید	1,600 \$	1,200	1,920,000 \$

سنتز (Super Absorbent Polymer) از اکریلیک اسید:

فرایند تولید سوپر جاذب پلمیر از اکریلیک اسید از واکنش بین اکریلیک اسید و سدیم هیدروکسید حاصل می شود. محصول فرایند اکریلات سدیم است که با پلیمریزاسیون به سوپر جاذب تبدیل میشود.



$$\text{Import of (SAP)} = 51,000 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} = \text{Sodium Acrylate capacity}$$

$$? \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{sodium acrylate} = 51,000 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{sodium acrylate} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{\text{Kmol}}{94.04 \text{ kg}} \text{sodium acrylate} = 542,322 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{sodium acrylate}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{NaOH} = 542,322 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{Sodium acrylate} \times \frac{1 \text{ kmol NaOH}}{1 \text{ Kmol sodium acrylate}} \times \frac{39.99 \text{ Kg}(\text{NaOH})}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 21,690 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{NaOH}$$

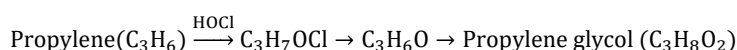
$$? \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (\text{NaOH}) = 21,690 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{NaOH}) \times \frac{1000 \text{ Kg}}{\text{Ton}} \times \frac{1 \text{ Kmol}}{39.99 \text{ Kg}(\text{NaOH})} = 542,385 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{NaOH}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{Acrylic acid}) = 542,385 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} (\text{NaOH}) \times \frac{1 \text{ kmol Acrylic acid}}{1 \text{ kmol NaOH}} \times \frac{72.06 \text{ Kg Acrylic acid}}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ Kg}} = 39,100 \frac{\text{Ton}}{\text{Year}} \text{Acrylic acid}$$

جدول ۳۵-۴: مواد اولیه و فرآورده های سنتز سوپر جاذب از اکریلیک اسید

نام مواد	قیمت واحد (دلار-سال ۲۰۲۰)	ارزش وزنی (تن/سال)	ارزش قیمتی (دلار/سال)
اکریلیک اسید	1,600 \$	39,100+1,200	64,432,000 \$
سدیم هیدروکسید	125 \$	21,690	2,712,000 \$
SAP	1,700 \$	51,000	86,700,000 \$

سنتز پروپیلن گلایکول از پروپیلن:



$$\text{Import of (Propylene Glycol)} = 10,000 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} = \text{Propylene Glycol capacity}$$

$$? \frac{\text{kmol}}{\text{year}} (\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2) = 10,000 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2) \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{\text{Kmol}}{76.09 \text{ kg}} (\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2) = 131,423 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_6\text{O} = 131,423 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2 \times \frac{1 \text{ kmol C}_3\text{H}_6\text{O}}{1 \text{ kmol C}_3\text{H}_8\text{O}_2} \times \frac{58.08 \text{ Kg}(\text{C}_3\text{H}_6\text{O})}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 7,633 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_6\text{O}$$

$$? \frac{\text{kmol}}{\text{year}} (\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 7,633 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{\text{Kmol}}{58.08 \text{ kg}} (\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 131,422 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_6\text{O}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_7\text{OCl} = 131,422 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_6\text{O} \times \frac{1 \text{ kmol C}_3\text{H}_7\text{OCl}}{1 \text{ kmol C}_3\text{H}_6\text{O}} \times \frac{94.54 \text{ Kg}(\text{C}_3\text{H}_7\text{OCl})}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 12,420 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_7\text{OCl}$$

$$? \frac{\text{kmol}}{\text{year}} (\text{C}_3\text{H}_7\text{OCl}) = 12,420 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{C}_3\text{H}_7\text{OCl}) \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{\text{Kmol}}{94.54 \text{ kg}} (\text{C}_3\text{H}_7\text{OCl}) = 131,422 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_7\text{OCl}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{HOCl} = 131,422 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_7\text{OCl} \times \frac{1 \text{ kmol HOCl}}{1 \text{ kmol C}_3\text{H}_7\text{OCl}} \times \frac{52.46 \text{ Kg}(\text{HOCl})}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 6,890 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{HOCl}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_6 = 131,422 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_6\text{O} \times \frac{1 \text{ kmol C}_3\text{H}_6}{1 \text{ kmol C}_3\text{H}_6\text{O}} \times \frac{42.06 \text{ Kg}(\text{C}_3\text{H}_6)}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 5,520 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{C}_3\text{H}_6$$

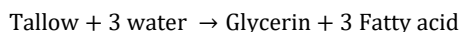
جدول ۳۶-۴: مواد اولیه و فرآورده های سنتر پروپیلن گلیکول از پروپیلن

نام مواد	قیمت واحد (دلار-سال ۲۰۲۰)	ارزش وزنی (تن/سال)	ارزش قیمتی (دلار/سال)
پروپیلن	1,050 \$	5,520	5,796,000 \$
پروپیلن هیدرولیز کلرین	1,100 \$	12,420	13,662,000 \$
هیپوکلریت	1,200 \$	6,890	8,268,000 \$
پروپیلن اکساید	1,100 \$	7,633	8,396,300 \$
پروپیلن گلیکول	2,640 \$	10,000	26,400,000 \$

براساس محاسبات واحد چند منظوره اول مشابه شکل ۴۷-۴ خواهد بود.

۴-۵-۶: واحد چند منظوره دوم:

چربی جانوری یا tallow ماده اولیه مورد استفاده برای این واحد شیمیایی است. واحد تولیدی اول، از واکنش آب و چربی، اسید چرب و گلیسرین تولید می شود. اسید چرب از گلیسرین جدا میشود، مقداری از گلیسرین به اندازه نیاز کشور به صورت خالص فروخته می شود و باقی مانده گلیسرین به واحد تولیدی بعد برای تولید اکریلیک اسید وارد می شود. مقداری از گلیسرین باقی مانده نیز به پروپیلن گلیکول تولید می شود. واحد تولید اکریلیک اسید نیز به مقدار نیاز اکریلیک اسید تولید شده و باقی مانده به واحد تولید SAP وارد میشود. ظرفیت واحد ها در این واحد چند منظوره نیز از انتهای فرایند و براساس مقدار واردات مواد حساب شده است.



$$\text{Import of (Glycerin)} = 12,000 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} = \text{Glycerin capacity}$$

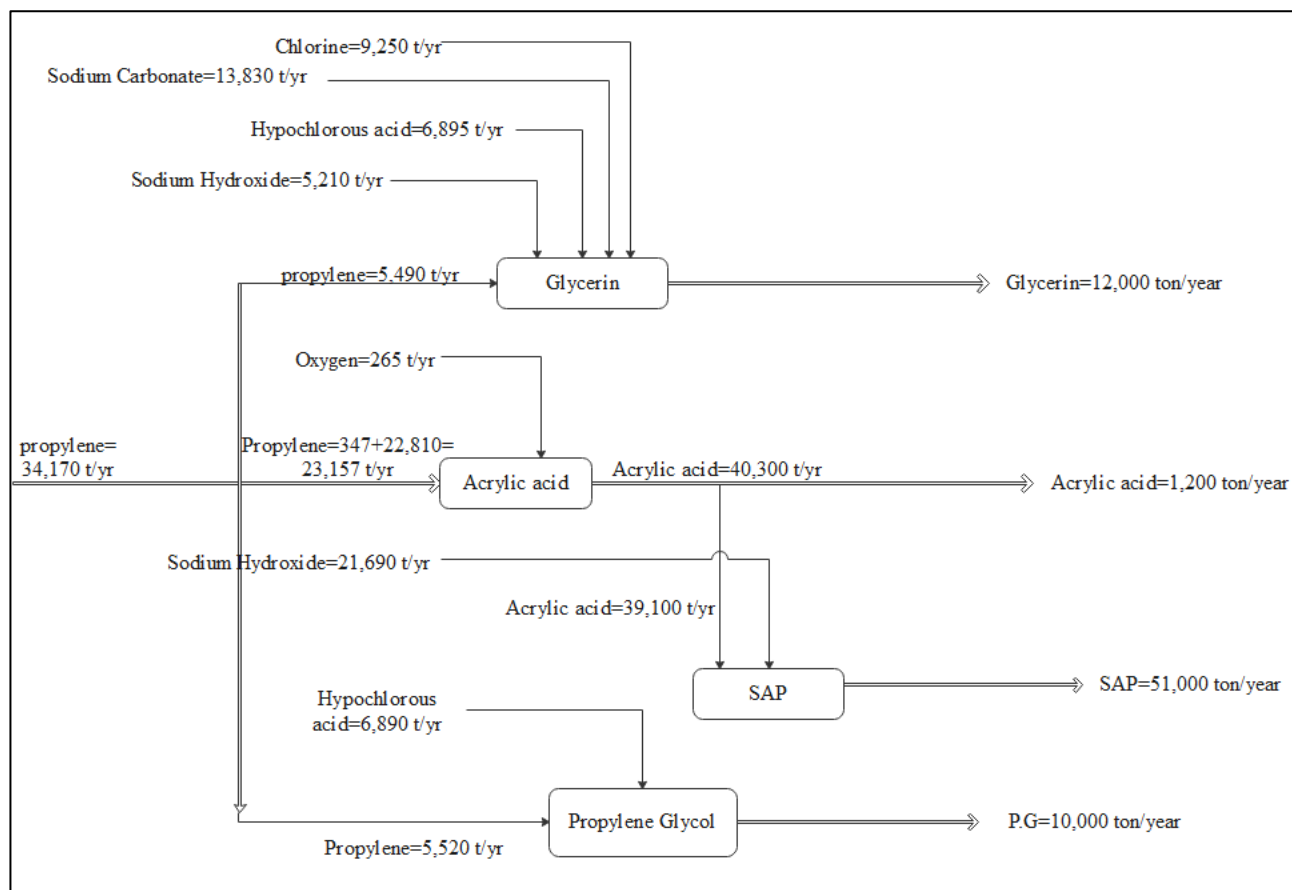
$$? \frac{\text{kmol}}{\text{year}} (\text{Glycerin}) = 12,000 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{Glycerin}) \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{\text{Kmol}}{91.093 \text{ kg}} (\text{Glycerin}) = 131,733 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{water}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{Water}) = 131,733 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{Glycerin} \times \frac{3 \text{ kmol water}}{1 \text{ kmol Glycerin}} \times \frac{18.01 \text{ Kg}(\text{water})}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 7,117 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{water}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{tallow}) = 131,733 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{Glycerin} \times \frac{1 \text{ kmol Tallow}}{1 \text{ kmol Glycerin}} \times \frac{850.91 \text{ Kg}(\text{tallow})}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 112 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{Tallow}$$

$$\text{ratio} \frac{\text{glycerin}}{\text{fatty acid}} = \frac{1}{3} \rightarrow 12,000 \frac{\text{ton}}{\text{year}} \text{Gly} \times 3 = 36,000 \frac{\text{ton}}{\text{year}} \text{Fatty acid}$$

تولید گلیسرین و اسید چرب از هیدرولیز چربی



شکل ۴۷-۴: واحد چند منظوره براساس ماده اولیه پروپیلن

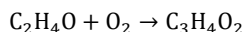
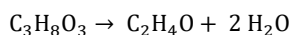
جدول ۴۱-۴: قیمت و ارزش وزنی مواد اولیه و فراورده های تولید گلیسرین از هیدرولیز چربی

نام مواد	قیمت واحد (دلار-سال ۲۰۲۰)	ارزش وزنی (تن/سال)	ارزش قیمتی (دلار/سال)
چربی	200 \$	112	22,400 \$
آب	-	7,117	-
گلیسرین	900 \$	12,000	10,800,000 \$
اسید چرب	1,500 \$	36,000	54,000,000 \$

تبدیل گلیسرین به اکریلیک اسید

این واکنش با آب زدایی گلیسرین انجام شده و ماده اکرولین تولید می شود سپس با اکسیداسیون به اکریلیک اسید تبدیل می شود. این واکنش در دو مرحله و در حضور کاتالیز گر انجام می شود.

Glycerin → Acrolein → Acrylic acid



$$\text{Import of (Acrylic acid)} = 1,200 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} = \text{Acrylic acid capacity}$$

$$? \frac{\text{kmol}}{\text{year}} (\text{Acrylic acid}) = 1,170 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{Acrylic acid}) \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{\text{Kmol}}{72.06 \text{ kg}} (\text{Acrylic acid}) = 16,652 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{Acrylic acid}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{Acrolein} = 16,652 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{Acrylic acid} \times \frac{1 \text{ kmol Acrolein}}{1 \text{ Kmole Acrylic acid}} \times \frac{56.06 \text{ Kg(Acrolein)}}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 933 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{Acrolein}$$

$$? \frac{\text{kmol}}{\text{year}} (\text{Acrolein}) = 933 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{Acrolein}) \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{\text{Kmol}}{56.06 \text{ kg}} (\text{Acrolein}) = 16,642 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{Acrolein}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{Oxygen}) = 16,642 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{Oxygen} \times \frac{0.5 \text{ kmol Oxygen}}{1 \text{ Kmol Acrolein}} \times \frac{16 \text{ Kg(Oxygen)}}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 133 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{Oxygen}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{Glycerin}) = 16,642 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{Acrolein} \times \frac{1 \text{ kmol Glycerin}}{1 \text{ Kmol Acrolein}} \times \frac{92.093 \text{ Kg(Glycerin)}}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 1,532 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{Glycerin}$$

جدول ۴-۴۲: قیمت و ارزش وزنی مواد اولیه و فراورده های تولید اکریلیک اسید از گلیسرین

نام مواد	قیمت واحد (دلار-سال ۲۰۲۰)	ارزش وزنی (تن/سال)	ارزش قیمتی (دلار/سال)
گلیسرین	900 \$	1,532	1,378,800 \$
اکرولین	1,600 \$	933	1,492,000 \$
اکسیژن	300 \$	133	39,900 \$
اکریلیک اسید	1600 \$	1,200	1,920,000 \$

سنتز سوپر جاذب پلیمر از اکریلیک اسید

Acrylic acid → SAP

Acrylic acid + sodium hydroxide → Sodium Acrylate + water → SAP

$$\text{Import of (SAP)} = 51,000 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} = \text{SAP capacity}$$

$$? \frac{\text{kmol}}{\text{year}} (\text{SAP}) = 51,000 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{SAP}) \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{\text{Kmol}}{94.4 \text{ kg}} (\text{SAP}) = 542,322 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{sodium acrylate}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{NaOH} = 542,322 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{Sodium acrylate} \times \frac{1 \text{ kmol NaOH}}{1 \text{ Kmol sodium acrylate}} \times \frac{39.99 \text{ Kg(NaOH)}}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} \\ = 21,690 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{NaOH}$$

$$? \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{Sodium hydroxide} = 542,322 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{SAP} \times \frac{1 \text{ kmol Acrylic acid}}{1 \text{ Kmol SAP}} \times \frac{72.06 \text{ Kg(Acrylic acid)}}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} \\ = 39,100 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{Acrylic acid}$$

جدول ۴-۴۳: قیمت و ارزش وزنی مواد اولیه و فراورده های سوپر جاذب پلیمر از اکریلیک اسید

نام مواد	قیمت واحد (دلار-سال ۲۰۲۰)	ارزش وزنی (تن/سال)	ارزش قیمتی (دلار/سال)
اکریلیک اسید	1,600 \$	39,100	2,880 \$
سدیم هیدروکسید	125 \$	21,690	2,711,250 \$
SAP	1,700 \$	51,000	86,700,000 \$

تبدیل گلیسرین به پروپیلن گلیکول

گلیسرین با آب زدایی به استول تبدیل می شود و استول با گاز هیدروژن (هیدروژنه کردن) به پروپیلن گلیکول تبدیل می شود. این واکنش در حضور کاتالیزگر انجام میشود.

Glycerin → Acetol → Propylene Glycol

$$\text{Import of (Propylene Glycol)} = 10,000 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} = \text{Propylene Glycol capacity}$$

$$? \frac{\text{kmol}}{\text{year}} (\text{Propylene Glycol}) = 10,000 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{Propylene Glycol}) \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{\text{Kmol}}{76.09 \text{ kg}} (\text{Propylene Glycol}) \\ = 131,423 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{Propylene Glycol}$$

$$\frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{Acetol} = 131,423 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{Propylene Glycol} \times \frac{1 \text{ kmol Acetol}}{1 \text{ kmol Propylene Glycol}} \times \frac{74.08 \text{ Kg(Acetol)}}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}}$$

$$= 9,735 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{Acetol}$$

$$\frac{\text{kmol}}{\text{year}} (\text{Acetol}) = 9,735 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{Acetol}) \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{\text{Kmol}}{74.08 \text{ kg}} (\text{Acetol}) = 131,411 \frac{\text{kmol}}{\text{year}} \text{Acetol}$$

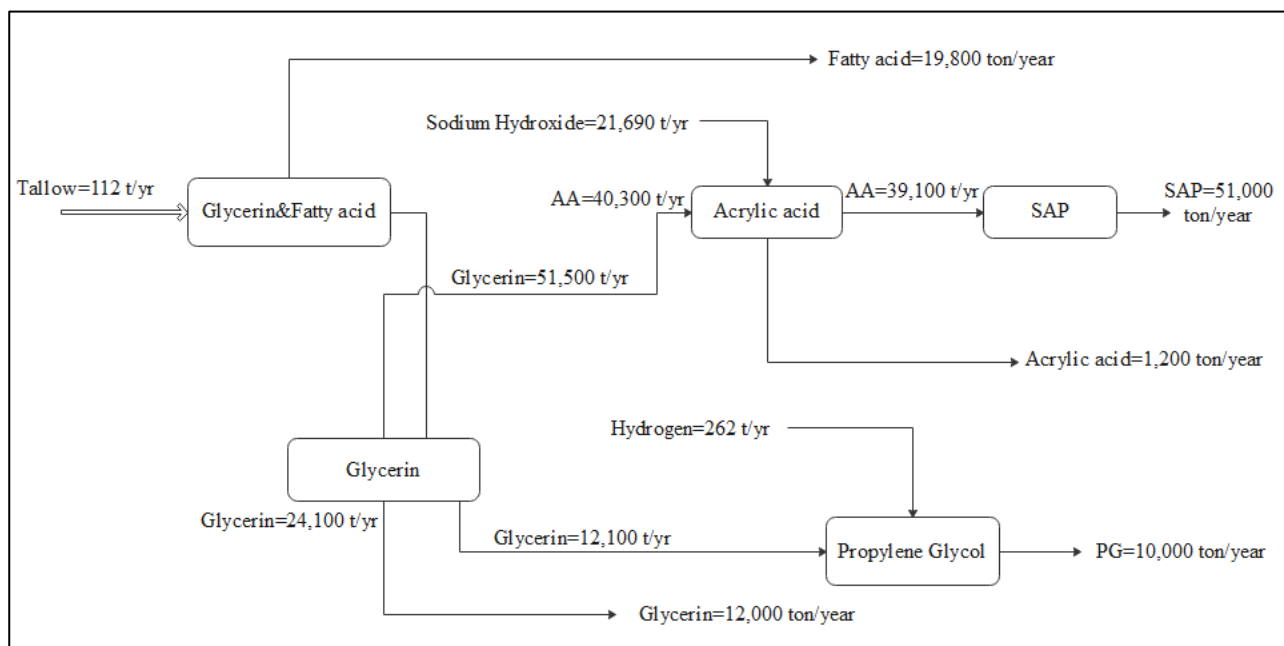
$$\frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{Hydrogen}) = 131,411 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{Acrolein} \times \frac{1 \text{ kmol Hydrogen}}{1 \text{ kmol Acrolein}} \times \frac{2 \text{ Kg(Hydrogen)}}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 262 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{hydrogen}$$

$$\frac{\text{Ton}}{\text{year}} (\text{Glycerin}) = 131,411 \frac{\text{Kmol}}{\text{year}} \text{Acetol} \times \frac{1 \text{ kmol Glycerin}}{1 \text{ kmol Acrolein}} \times \frac{92.093 \text{ Kg(Glycerin)}}{\text{Kmol}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 12,100 \frac{\text{Ton}}{\text{year}} \text{Glycerin}$$

جدول ۴-۴: قیمت و ارزش وزنی مواد اولیه و فرآورده های پروپیلن گلیکول از گلیسرین

نام مواد	قیمت واحد(دلار-سال ۲۰۲۰)	ارزش وزنی(تن/سال)	ارزش قیمتی(دلار/سال)
گلیسرین	900 \$	12,100	10,890,000 \$
استول	1,000 \$	9,735	9,735,000 \$
هیدروژن	795 \$	262	208,300 \$
پروپیلن گلیکول	2,640 \$	10,000	26,400,000 \$

واحد چند منظوره دوم نیز پس از محاسبات به شکل زیر است:



شکل ۴-۸: واحد چند منظوره بر اساس ماده اولیه چربی

پس از بدست آمدن مقادیر ارزشی وزنی و قیمتی مواد لازم است برای محاسبه سود به مفهوم مارجین پرداخته شود. به طور کل این مفهوم نشان می دهد که آیا تولید ماده مورد نظر سود دهی دارد یا خیر. بدین جهت در بخش بعدی همین فصل به اختصار این مفهوم در راستای پروژه بررسی میشود.

۴-۶: مارجین و محاسبه حاشیه سود:

هر تجارتی برای رشد خود باید اطلاعات مالی را بررسی کند و عملکرد طرح خود را بسنجد. مارجین و حاشیه سود یکی از مسائلی است که برای محاسب میزان سود کار بررسی میشود. مارجین اصطلاحی رایج در بازار است که که از تفاوت قیمت فروش و خرید حاصل می شود و حاشیه سود یکی از نسبت های سودآوری است که معمولاً برای سنجش میزان درآمد یک شرکت یا یک فعالیت تجاری استفاده می شود. حاشیه سود کمک می کند تا روش بهتری را برای کسب و کار انتخاب نمایید همچنین حاشیه سود میتواند تجارت مورد نظر را برای سرمایه گذاران جذاب تر نماید. به طور خلاصه ، حاشیه سود یا درصد مارجین به شما اجازه می دهد تا بدانید که تجارت شما برای هر دلار فروش چقدر سود کسب کرده است. (87) به عنوان مثال، حاشیه سود ۴۰٪ به این معنی است که شما برای هر دلار فروش سود خالص ۰٫۴۰ دلار دارید. به طور کلی چند روش برای حاشیه سود وجود دارد که به شرح زیر است:

حاشیه سود خالص

حاشیه سود ناخالص

حاشیه سود عملیاتی

در ادامه به توضیح مختصر هر یک از عناوین پرداخته می شود. حاشیه سود خالص در واقع، کل درآمد باقیمانده پس از محاسبه کلیه هزینه ها و درآمد است. حاشیه سود خالص، مواردی مانند هزینه کالای فروخته شده (COGS)، هزینه های عملیاتی، پرداخت بدهی ها، مالیات ها، پرداخت های یکبار مصرف و هرگونه درآمد حاصل از سرمایه گذاری را بررسی می کند. حاشیه سود خالص توانایی کلی کسب و کار در تبدیل درآمد به سود را نشان می دهد. در بیشتر موارد، برای تعیین سودآوری شرکت و محاسبه میزان سود کسب و کار از درآمد کل خود، از حاشیه سود خالص استفاده می شود. بطور کلی حاشیه سود خالص شرکت، یکی از نسبت های سودآوری است که از طریق تقسیم کردن سود خالص به کل فروش محاسبه می شود. فرمول محاسبه حاشیه سود به صورت زیر است: (87)

$$\text{حاشیه سود} = \frac{\text{درآمد خالص}}{\text{فروش خالص}} \times 100$$

در حالیکه انواع مختلفی از حاشیه سود مانند "حاشیه سود خالص"، "حاشیه سود عملیاتی"، "حاشیه سود قبل از کسر مالیات" وجود دارد، مفهوم "حاشیه سود" معمولاً برای اشاره به "حاشیه سود خالص" مورد استفاده قرار می گیرد. (87)

حاشیه سود ناخالص: هزینه کالای فروخته شده، هزینه ای است که شرکت برای خدمات و تولید کالایی که باید بفروش برسد صرف کرده است. حاشیه سود ناخالص، درآمد پس از کسر هزینه کالای فروخته شده را نشان می دهد. حاشیه سود ناخالص نشان می دهد که چطور یک شرکت از هزینه های مستقیم تولید مانند هزینه نیروی انسانی و مواد اولیه، ایجاد درآمد کرده است. این مورد با در نظر گرفتن درآمد کل و کسر هزینه تولید کالا محاسبه میشود. این مقدار بر درآمد کل تقسیم میشود و در نهایت برای محاسبه درصد سود ناخالص در ۱۰۰ ضرب میشود. (87)

حاشیه سود عملیاتی: حاشیه سود عملیاتی تمام هزینه های، عملیاتی، اداری و فروش را که برای انجام کارهای روزمره ضروری است، در نظر می گیرد. با این حال، این بدهی، مالیات و سایر هزینه های غیر عملیاتی را شامل نمی شود. اساساً، حاشیه عملیاتی درآمد از فعالیتهای عملیاتی را نشان می دهد. هزینه های عملیاتی در کل شامل: هزینه آب و برق، حقوق و دستمزد، مزایای کارکنان و حق بیمه است. سود عملیاتی شامل تمام هزینه های عملیاتی ذکر شده و مالیات شرکت است. (87)

۱-۶-۴: نحوه محاسبه حاشیه سود برای پروژه مورد نظر:

همانطور که گفته شد حاشیه سود انواع مختلفی دارد. بطور کلی برای تعیین حاشیه سود کلی شرکت یا تجارت خود میتوان از حاشیه سود خالص استفاده کرد. یعنی سودآوری شرکت از تقسیم درآمد خالص به فروش خالص بدست می آید. سپس مجموع در ۱۰۰ ضرب شده تا درصد حاشیه سود بدست آید. بر این اساس برای محاسبه سود پروژه مورد نظر، مقدار تولید (ظرفیت) واکنش دهنده و فراورده در سال محاسبه میشود که همان مقدار درآمد خالص و فروش خالص است. محاسبات مارجین سود دهی در اکسل انجام شده که در ضمیمه ۲ آورده شده است و نتایج بصورت خلاصه در جدول زیر نشان داده میشود. فرمول محاسبه حاشیه سود به صورت زیر است:

$$\text{حاشیه سود} = \frac{\text{قیمت مواد اولیه} - \text{قیمت محصولات}}{\text{قیمت محصولات}} \times 100 \rightarrow \text{حاشیه سود} = \frac{\text{درآمد خالص}}{\text{فروش خالص}} \times 100$$

سود دهی پارک اول:

جدول ۳۷-۴: قیمت و وزن کل مواد فرایندهای پارک شیمیایی اول

پارک اول - مواد (اولیه و محصولات) - تبدیل پروپیلن به گلیسرین	وزن کل مواد (تن)	قیمت واحد (دلار)	قیمت کل مواد (دلار)
پروپیلن	5,490	\$1,050	\$5,764,500
کلر	9,250	\$60	\$555,000
سدیم کربنات	13,830	\$22	\$304,260
هیپوکلرواسید	6,895	\$1,200	\$8,274,000
سدیم هیدروکسید	5,210	\$125	\$651,250
گلیسرین	12,000	\$900	\$10,800,000

			مواد (اولیه و محصولات)-پروپیلن به اکریلیک اسید
\$383,250	\$1,050	365	پروپیلن
\$79,500	\$300	265	اکسیژن
\$1,920,000	\$1,600	1,200	اکریلیک اسید
			مواد (اولیه و محصولات)-اکریلیک اسید به سوپرجاذب
\$62,560,000	\$1,600	39,100	اکریلیک اسید
\$2,711,250	\$125	21,690	سدیم هیدروکسید
\$86,700,000	\$1,700	51,000	SAP
			مواد (اولیه و محصولات)-پروپیلن به پروپیلن گلایکول
\$5,796,000	\$1,050	5,520	پروپیلن
\$8,268,000	\$1,200	6,890	هیپوکلرواسید
\$26,400,000	\$2,640	10,000	پروپیلن گلایکول

جدول ۳۸-۴: حاشیه سود پارک شیمیایی اول

پارک اول - هزینه کل مواد اولیه
\$95,118,860
پارک اول-فروش کل محصولات
\$125,772,000
حاشیه سود-پارک اول
24.37%

جدول ۳۹-۴: سود دهی فرایند های پارک شیمیایی اول

سود آوری فرایند اول((قیمت محصول - قیمت مواد اولیه / قیمت محصول)*۱۰۰)
-43.97%
سود دهی فرایند دوم
75.90 %
سود دهی فرایند سوم
%24.72
سود دهی فرایند چهارم
%46.73

سود دهی پارک دوم:

جدول ۴۰-۴: قیمت و وزن کل مواد فرایندهای پارک شیمیایی دوم

پارک دوم-مواد(اولیه و محصولات)-تبدیل چربی به گلیسرین و اسیدچرب	وزن کل مواد (تن)	قیمت واحد(دلار)	قیمت کل مواد(دلار)
چربی	112	\$200	\$22,400
گلیسرین	12,000	\$900	\$10,800,000
اسیدچرب	36,000	\$1,500	\$54,000,000
مواد (اولیه و محصولات)-تبدیل گلیسرین به پروپیلن گلایکول			
گلیسرین	12,100	\$900	\$10,890,000
هیدورژن	262	\$795	\$208,290

\$26,400,000	\$2,640	10,000	پروپیلن گلایکول
			مواد (اولیه و محصولات)-تبدیل گلیسرین به اکریلیک اسید
\$1,350,000	\$900	1,500	گلیسرین
\$38,700	\$300	129	اکسیژن
\$1,920,000	\$1,600	1,200	اکریلیک اسید
			مواد (اولیه و محصولات)-تبدیل اکریلیک اسید به سوپر جاذب
\$62,560,000	\$1,600	39,100	اکریلیک اسید
\$2,711,250	\$125	21,690	سدیم هیدروکسید
\$86,700,000	\$1,700	51,000	SAP

جدول ۴۱-۴: حاشیه سود پارک شیمیایی دوم

پارک دوم- هزینه کل مواد اولیه
\$77,780,640
پارک دوم-فروش کل محصولات
\$179,772,000
حاشیه سود-پارک دوم
57%

جدول ۴۲-۴: حاشیه سود فرایندهای پارک شیمیایی دوم

پارک دوم-سود آوری فرایند اول((قیمت محصول-قیمت مواد اولیه/قیمت محصول)*۱۰۰)
%99.97
سود دهی فرایند دوم
%57.96
سود دهی فرایند سوم
%27.67
سود دهی فرایند چهارم
%24.72

بنابر توضیحات مارجین حاشیه سود، سود آوری تک تک فرایندها و در نتیجه هر دو پارک شیمیایی محاسبه گردید. فرایند اول از واحد چند منظوره ای که براساس ماده اولیه پروپیلن طراحی شده، سود آوری منفی دارد. حاشیه سود منفی یعنی اینکه این فرایند مناسب طراحی نیست و لازم است فرایند دیگری برای تبدیل پروپیلن به گلیسرین انتخاب شود. البته حاشیه سود منفی این فرایند در کنار دیگر فرایندها که دارای سود دهی مثبت هستند در واحد چند منظوره اول، جبران می شود. در واقع این موضوع با توجه به درهمتنیدگی کل پارک و جبران سود این واحد توسط سایر واحدها قابل چشم پوشی است.

تحقیق مورد نظر در اینجا و با محاسبه سود دهی هر یک از فرایندها و محاسبه حاشیه سود هر دو پارک به انتها می رسد. لذا این پروژه با شبیه سازی تک تک واحدها بر اساس ظرفیت محاسبه شده در این تحقیق میتواند ادامه یابد. همچنین سایزینگ تجهیزات و برآورد قیمت و در نتیجه پرداختن به امکان سنجی طرح میتواند در ادامه کار مورد بررسی قرار گیرد. لذا در بخش آخر پیشنهادات لازم برای ادامه پروژه ذکر میشود.

بحث، نتیجه گیری و پیشنهادات

۱-۵: نتیجه گیری و جمع بندی:

علم شیمی به عنوان یک علم کاربردی در حیطه های مختلفی که بر جامعه بشری از ثبات اقتصادی، زیست محیطی و سیاسی تأثیر می گذارد و نقشی حیاتی دارد. صنایع شیمیایی در پیشرفت انسان نقش بسزایی داشته و محصولات ایجاد شده توسط صنایع شیمیایی در بسیاری زمینه ها مانند کشاورزی، غذایی، دارویی، لوازم آرایشی و بهداشتی تأثیر داشته است. (88) از این رو تولید مواد شیمیایی در جهان از اهمیت خاصی برخوردار است. واردات مواد شیمیایی یکی از بیشترین محصولات و کالاهای وارداتی به کشور می باشد. این مواد دارای تنوع گسترده ای هستند و در صنایع مختلف کاربرد دارند. واردات، حمل و ترخیص مواد شیمیایی نیاز به تجربه دارد و با دانش زیادی قابل انجام است، این مواد دارای انواع وسیعی هستند و هر اشتباهی در زمان تشخیص HS کد میتواند هزینه های زیادی برای بر وارد کنندگان وارد نماید. در حال حاضر بخش زیادی از مواد شیمیایی کشور وارداتی هستند و این نشان از این دارد که ایران با وجود دارا بودن منابع بسیار در تولید مواد شیمیایی ضعیف عمل کرده است و نیاز کشور با حمایت کشورهای دیگر و تامین کنندگان در داخل کشور برآورده می شود. همچنین در حال حاضر به دلیل شرایط اقتصادی کشور و چالش های ناشی از تحریم های اقتصادی مشکلات صنعت گران کشور بیش از پیش شده است.

پارک های شیمیایی یا واحدهای چند منظوره قابلیت تولید همزمان چندین ماده را باهم دارند. طراحی و توسعه پارک های شیمیایی با هدف تولید محصولات با ارزش افزوده بالاتر، جلوگیری از خام فروشی به وقوع پیوست. واحدهای چند منظوره یا پارک های شیمیایی برای اولین بار در آلمان با موفقیت احداث شدند و امروزه آلمان ۶۰ پارک شیمیایی را درون خود جا داده است. احداث این واحد ها بدلائل گوناگون از جمله عدم توجه و حمایت مالی دولت، با چالش های فراوان روبرو شد. البته صنایع پتروشیمی زیرساخت های لازم احداث واحد چند منظوره را فراهم کردند اما تا کنون پارک شیمیایی در ایران به مرحله بهره برداری نرسیده است. احداث پارک های شیمیایی مزایای زیادی دارد که مهمترین آنها بدین شرح است: دستیابی سریع و کم هزینه به خوراک از طریق ارتباط و نزدیکی واحدها، سرعت بالای استقرار و راه اندازی فعالیت ها در پارک، جذب سرمایه گذاران داخلی و خارجی و البته صرفه جویی قابل ملاحظه در هزینه های احداث و راه اندازی.

در این رساله هدف پیشنهاد احداث یک واحد چندمنظوره یا پارک شیمیایی برای تولید پرمصرفترین محصولات شیمیایی وارداتی از دید وزن یا ارزش واردات است. فصل دوم به بررسی امار واردات مواد شیمیایی پرداخته شد و مقدار مواد از نظر وزن و ارزش مواد شیمیایی مشخص شد. مواد گلیسرین، استئاریک اسید، پالمیتیک اسید، پروپیلن گلاکول و اکریلیک اسید به عنوان موادی که هر ساله به مقدار زیادی وارد کشور شدند و ارزش بالایی داشتند، انتخاب شدند. فصل سوم تکنولوژی مواد شیمیایی منتخب مرور گردید. در فصل چهارم نیز چارچوب دو پارک شیمیایی بر اساس خوراک پروپیلن و چربی (Tallow) مطرح گشت. در این بخش هدف تحلیل اطلاعات و محاسبات فصول قبلی و ارائه راهکار و پیشنهادات نهایی است. همانطور که گفته شد در فصل دوم امار واردات مواد شیمیایی در ۱۰ سال اخیر بررسی گردید. سپس از این بین، ۲۰ ماده که از لحاظ میزان واردات و ارزش وزنی و قیمتی نسبت به دیگر مواد بالاتر بودند مشخص شدند. در نهایت ۵ ماده که جز واردات هرساله بوده و ارزش بالایی داشتند به عنوان محصولات نهایی منتخب گردیدند. لازم به ذکر است که این آمار برگرفته از سایت گمرک ایران بوده است. در فصل سوم به بررسی تکنولوژی و متدهای تولید مواد منتخب پرداخته شد. براساس طرح مورد نظر که پیشنهاد دو پارک شیمیایی مد نظر است. دو ماده (پروپیلن (Propylene) و چربی (Tallow)) به عنوان ماده اولیه یا خوراک برای پارک های شیمیایی در نظر گرفته شدند. در ادامه برای تولید محصولات انتخابی فرایند پیشنهاد داده شد. بر این اساس، فرایندهایی که در ادامه بیان می شود فرایندهای مورد استفاده در پارک شیمیایی اول است؛ فرایند هیدرولیز (Hydrolysis) چربی برای تولید ۱۲۰۰ تن در سال گلیسرین و اسید های چرب، فرایند واکنش هیدرولیز در فاز مایع برای تبدیل گلیسرین به پروپیلن گلاکول، تبدیل گلیسرین به اکریلیک اسید برای تولید ۱۲۰۰ تن در سال در دو راکتور کاتالیستی در دو مرحله آب زدایی (Dehydration) گلیسرین و تبدیل به اکرویلین سپس تبدیل اکرویلین به اکریلیک اسید توسط اکسیداسیون (Oxidation)، تبدیل اکریلیک اسید به اکریلات سدیم و پلیمریزاسیون (polymerization) برای تبدیل به سوپرجاذب پلیمر (Super Absorbent Polymer) برای تولید ۵۱۰۰۰ تن سوپرجاذب پلیمر در سال در نظر گرفته شد. در فصل چهارم چارچوب کلی طرح پارک شیمیایی ارائه گردید و در نهایت بر اساس محصولات ذکر شده دو پارک شیمیایی بصورت مفهومی طراحی شد. برای توجیه اقتصادی نیز از مفهومی به اسم "مارجین و حاشیه سود" استفاده شد.

توضیحات تکمیلی در فصل چهارم ارائه گردیده است اما بصورت مختصر میتوان گفت هر پارک با سودآوری حدود ۲۰ تا ۵۰ درصد طراحی گردید. براساس محاسبات ارائه شده در فصل چهارم یکی از فرایندها با سود دهی منفی مواجه شده است. این موضوع الزاماً به این به معنی نیست که این فرایند مناسب احداث در این واحد شیمیایی نیست زیرا باید ساوددهی کل پارک مورد ملاحظه قرار گیرد، با این حال ممکن است بتوان فرایند دیگری انتخاب نمود که سود دهی مثبت بدست دهد. باقی فرایندها در مسیر خوبی برای احداث واحد ها قرار گرفتند و احداث هر کدام از پارک ها باتوجه به توجیه اقتصادی پیشنهاد میگردد. پس هر دو پارک مراحل اولیه و طرح کلی را گذراندند و برای احداث پیشنهاد داده میشوند.

۲-۵: پیشنهادات:

در ادامه پروژه و برای احداث تک تک واحد ها لازم است فرایندی که سود دهی مثبت دارد مورد توجه قرار گیرد و با بررسی های لازم فرایندی انتخاب شود که سود دهی فرایند و مجموعه پارک را بالا برده و نتیجه مثبت دهد. میتوان فرایندی را مورد بررسی و شبیه سازی قرار داد که مواد واسطه کمتری در کنار ماده اولیه نیاز داشته باشد. البته همانطور که در فصل چهارم ذکر شد سود دهی منفی فرایند با سود دهی مثبت دیگر فرایند ها جبران شده و قابل چشم پوشی است. اما در صورتی که تک تک واحد ها برای احداث مد نظر باشد، این مسئله قابل بررسی بیشتری است. لازم به توضیح است که هدف این تحقیق، پیشنهاد یک مجتمع شیمیایی، تحت عنوان پارک شیمیایی یا واحد چندمنظوره است. در ارائه این پیشنهاد صرفاً توجیه اقتصادی مطرح بوده و هدف بررسی فنی و اقتصادی (Feasibility Study) و مکان یابی محل اجرا نبوده است. توجه به مسائل زیر جز ضروریات اجرای طرح است. لذا یکی از اساسی ترین پیشنهادات رساله فعلی که مستقیماً در راستای ادامه آن است، انجام موارد زیر روی آرایشهای ارائه شده برای پارکهای شیمیایی است.

الف) سابقه و تاریخچه طرح: شامل بانی یا بانیان طرح، تاریخچه و هزینه مطالعات و نتیجه بررسی هایی که قبلاً انجام شده است.

ب) بازار و ظرفیت کارخانه: بررسی بازار و تقاضا، پیش بینی فروش و بازاریابی، برنامه تولید (انواع محصولات) و ظرفیت کارخانه.

ج) مواد اولیه و نهاده ها مورد نیاز: مواد اولیه و نهاده ها مورد نیاز و محل و نحوه تامین آنها شامل مواد خام، مواد نیم ساخته، مواد کمکی، ملزومات کارخانه، آب، برق و گاز و ...

د) موقعیت و محل کارخانه: باتوجه به دسترسی به مواد اولیه و بویژه راه ها ارتباطی و امکان پذیر جذب نیرو ماهر صورت می پذیرد.

ه) طراحی پروژه: شامل تعریف و تعیین دامنه (روشها مختلف تولید) و تجهیزات مربوطه اعم از تولید، کمکی و خدماتی و قطعات یدکی، و انواع ساختمانها با زیربناها لازم، زمین و محوطه به همراه برآوردها تقریبی از هزینه ها سرمایه تامین تجهیزات و کارها ساختمانی به تفکیک.

و) برآورد هزینه: سازمان کارخانه و برآورد هزینه های تولید، فروش و ادار.

ز) برآورد نیرو انسانی بهره بردار: اعم از کارگر و کارمند باتوجه به طبقه بند مهارتی و برآورد هزینه مربوطه.

ح) برنامه ریز اجرا پروژه: شامل برآورد از هزینه ها اجرا پروژه به همراه جدول زمانبندی پیشنهاد آن.

ط) ارزیابی مالی و اقتصاد: شامل مجموع هزینه ها سرمایه گذار اعم از ثابت و سرمایه در گردش، منابع تامین مالی، هزینه تولید به تفکیک ثابت و متغیر، ارزیابی اقتصاد (سودآور) درابعاد خرد و کلان شامل دوره و نرخ بازگشت سرمایه، تأثیرات طرح در ایجاد اشتغال و غیره. (92)

در نهایت برای ادامه این پروژه پیشنهاد می گردد با توجه به مواد اولیه و محصولات هر دو پارک شیمیایی مکان احداث واحد های چند منظوره در جنوب کشور باشد. عامل اصلی توجیه اقتصادی شرکت های تولید کننده در پارک شیمیایی و جذب سرمایه گذار به منطقه، دسترسی بهینه به بازار های مصرف است. دو ماده چربی و پروپیلن مواد اولیه واحد های چند منظوره را تشکیل می دهند، از این جهت با توجه به اینکه ماده اولیه چربی و پیه خام می باشد و شهرهایی مانند استان فارس که از لحاظ دامپروری غنی میباشد و همچنین شهرهایی که دارای پتروشیمی های متناسب هستند برای دستیابی به پروپیلن مورد اهمیت هستند. همچنین مواد اولیه و محصولات کارخانه به وسیله کامیون جا به جا خواهند شد از این رو بهتر است که کارخانه در مسیر اصلی راههای ترانزیت کشور باشد. از طرفی دیگر ممکن است زمینه صادرات برخی محصولات نیز فراهم باشد و نزدیکی به راه آهن و فرودگاه می تواند برای حمل و نقل مفید باشد. در این طرح آب زیادی برای انجام فرآیندها نیاز هست. ضمناً جهت نیازهای بهداشتی و آشامیدنی کارکنان و نیز برای آبیاری فضای سبز نیز نیاز به آب است. از این رو نزدیک بودن پارک های شیمیایی به سواحل کشور نیز میتواند کمک کننده باشد. در ادامه طراحی پارک میتوان گفت که این واحد های چند منظوره برای قرار گرفتن در مرحله اجرا نیاز به شبیه سازی، محاسبه ساینز تجهیزات، برآورد دقیق فنی و اقتصادی و امکان سنجی است. همانطور که گفته شد این پروژه میتواند به صورت یک پروژه ادامه دار معرفی شود. شبیه سازی واحد ها توسط نرم افزار Aspen Hysys و ساینز نمودن تجهیزات بر اساس نرم افزار یا دستی میتواند انجام شود. برآورد هزینه کلی کارخانه شامل محاسبه قیمت تجهیزات، هزینه های کلی عملیاتی است که پس از ساینزینگ باید انجام شود. در نهایت نوبت به امکان سنجی واحد چند منظوره میرسد که براساس پیشنهادات داده شده در مرحله احداث آیا موفق خواهد بود یا به موفقیت نمی رسد. همچنین برای بالا بردن سود واحدهای چند منظوره میتوان مواد شیمیایی بیشتری را مورد بررسی قرار داد و مواد شیمیایی بیشتری با خوراک مشابه را به پارک اضافه نمود.

فصل ششم

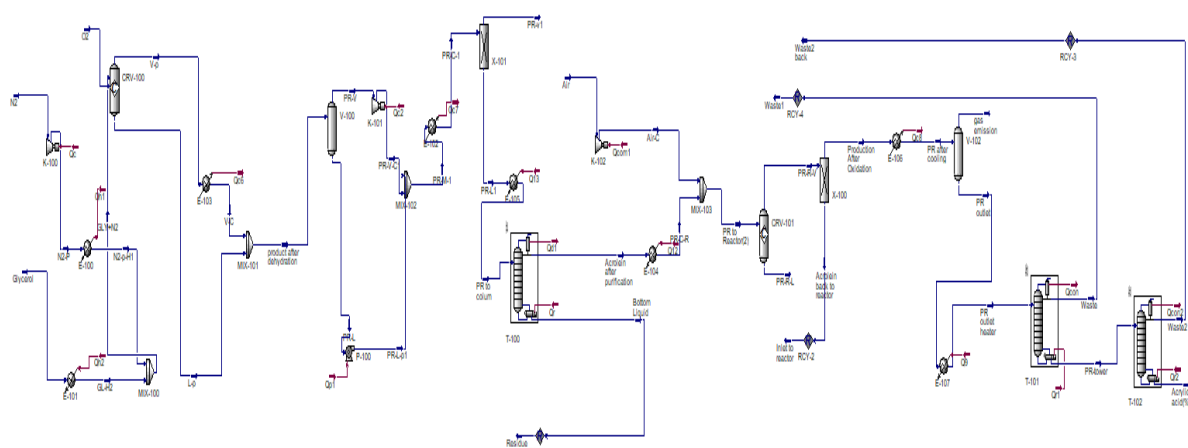
ضمایم

ضمیمه ۱: شبیه سازی واحد اکریلیک اسید

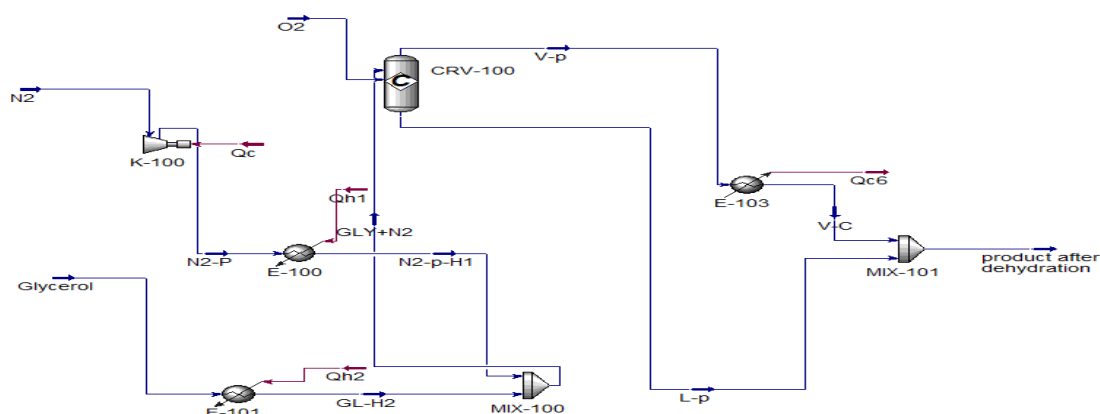
*این بخش از لزومات پروژه نبوده لذا برای درک بهتر از فرایند انجام شده است.

اختراع مربوطه از فرایند تولید اکریلیک اسید از گلیسرین فاقد فلوچارت یا بلاگ دیاگرام از فرایند مورد نظر بوده است. لذا برای درک بهتر فرایند بلاک دیاگرام کلی از فرایند در فصل سوم در انتهای فرایند مربوطه رسم شد. همینطور میتوان گفت که یکی از کارهایی که در ادامه این پروژه میتواند انجام شود شبیه سازی واحد های چند منظوره است که در اینجا یکی از واحد ها با توجه به فرایند ذکر شده در فصل سوم شبیه سازی و اطلاعات جریانات توسط هایسیس بدست آمد.

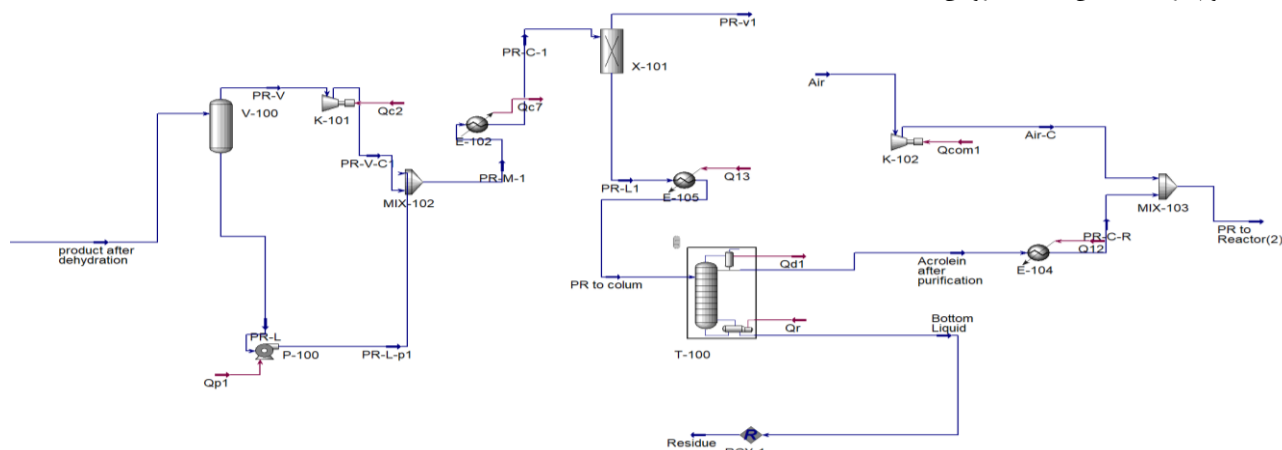
شبیه سازی واحد اکریلیک اسید که از گلیسرین تولید می شود به شرح زیر می باشد:



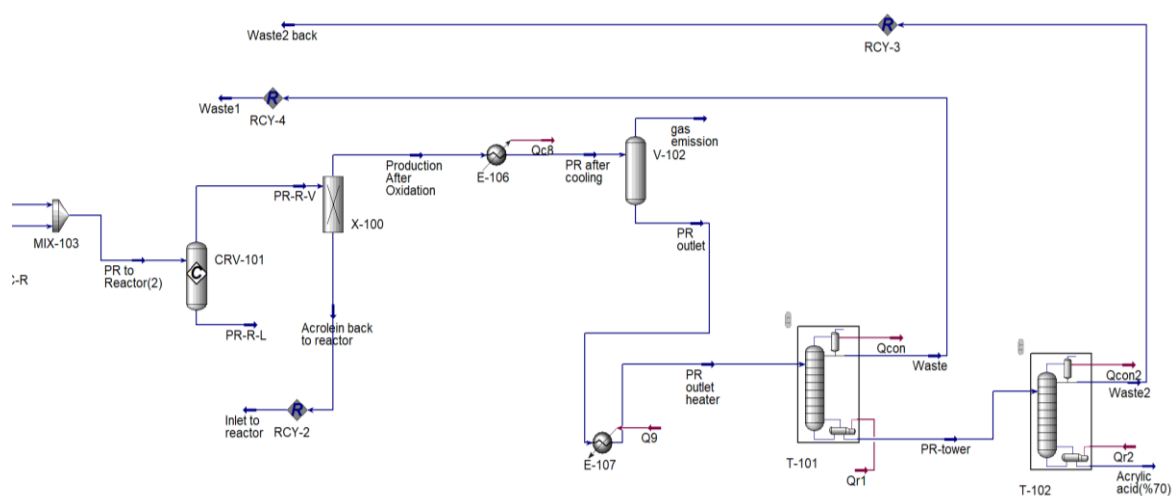
قسمت اول فرایند: تولید اکرولین از آب زدایی گلیسرین: (واکنش Dehydration)



قسمت دوم فرایند: خالص سازی اکرولین



قسمت سوم فرایند: تولید اکریلیک اسید از اکسیداسیون اکرولین: (واکنش Oxidation)



*محاسبات برای ظرفیت 8,700 تن در سال اکریلیک اسید انجام شده است. این مقدار ظرفیت، برابر با واردات میانگین اکریلیک اسید است و براساس آمار سایت trade-map بدست آمده است. با این توجیه که هم نیاز کشور را رفع کند و هم مقداری به عنوان صادرات در نظر گرفته شود.

در جدول زیر اطلاعات مختصری از جریانات فرایند آورده شده است:

جریان	glycerol	Gly+N2	Product after dehydration	PR-M-1	PR to column	Acrolein after purification	PR to reactor(2)	PR after cooling	waste	PR-tower	Waste2	Acrylic acid (70%)
دما (°C)	25	290	15	45	15	96	295	0	130	100	124	120
فشار (Kpa)	100	100	100	900	900	100	100	100	100	100	100	100
جریان جرمی (kg/h)	4723	4356	7556	7556	6137	6117	5526	4604	394	1073	48	1022
جریان مولی (kmol/h)	47	48	232	232	152	66	144	118	7.3	15	0.69	11
فاز مایع	1	-	-	0.55	1	-	-	0.18	-	1	-	1
فاز بخار	-	1	-	0.44	-	1	1	0.81	1	-	1	-
ترکیبات هر جریان (kg/h)												
هوا	-	-	-	-	-	-	100	100	-	-	-	-
گلیسرین	4328	4328	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-
آب	-	-	1439	1439	-	-	-	-	-	-	-	-
نیتروژن	-	28	28	28	28	28	28	28	0.001	-	-	-
اکسیژن	-	-	3049	3049	3049	3049	3049	2757	0.02	-	-	-
هیدروژن	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-
اکرولین	-	-	1844	1844	1844	1844	1844	-	-	-	-	-
اکریلیک اسید	-	-	-	-	-	-	-	1185	140	1037	41	995
استیک اسید	-	-	-	-	-	-	-	84	51	31	4	27
استالدهید	-	-	414	414	414	414	414	351	133	0.19	-	-

-	-	-	0.01	13	-	-	-	-	-	-	-	دی اکسید کربن
-	-	-	-	-	-	348	348	348	348	-	-	استول
-	3	3	67	82	90	90	432	432	432	-	-	فرمیک اسید

ضمیمه ۲: داده های تکمیلی اکسل برای محاسبات سود دهی واحد های چند منظوره

در فصل چهارم برای محاسبه مارجین و سود دهی پارک از نرم افزار اکسل استفاده شد و داده های تکمیلی این محاسبه به این صورت می باشد:

نام مواد	قیمت واحد(دلار)	مقدار تولید سالانه(تن/سال)	ارزش قیمتی(دلار/سال)
پروپیلن	1,050	5,490	5,764,500
آلیل کلراید	600	9,980	5,988,000
کلر	60	9,250	555,000
سدیم کربنات	22	13,830	304,260
آلیل الکل	350	6,000	2,100,000
هیپو کلرواسید	1,200	6,845	8,214,000
C_3 H_7 O_2 Cl	1,900	14,420	27,398,000
سدیم هیدروکسید	125	5,210	651,250
گلیسرین	900	12,000	10,800,000
پروپیلن	1,050	168	176,400
اکسیژن	300	64	19,200
اکرولین	1,600	455	728,000
اکسیژن	300	130	39,000
اکریلیک اسید	1,600	1,200	1,920,000
اکریلیک اسید(ظرفیت کل)	1,600	39,100	62,560,000
سدیم هیدروکسید	125	21,690	2,711,250
SAP	1,700	51,000	86,700,000
پروپیلن	1,050	5,520	5,796,000
propylene chlorohydrin	1,100	12,420	13,662,000
هیپو کلرواسید	1,200	6,890	8,268,000
پروپیلن اکساید	1,100	7,633	8,396,300
پروپیلن گلاکول	2,640	10,000	26,400,000
چربی	200	112	22,400
آب	-	2,370	
گلیسرین	900	12,000	10,800,000
اسید چرب	1,500	36,000	54,000,000
گلیسرین	900	1,500	1,350,000
اکرولین	1,600	910	1,456,000
اکسیژن	300	129	38,700
اکریلیک اسید	1,600	1,200	1,920,000
اکریلیک اسید	1,600	39,100	62,560,000
سدیم هیدروکسید	125	21,690	2,711,250
SAP	1,700	51,000	86,700,000
گلیسرین	900	12,100	10,890,000
استول	1,000	9,735	9,735,000

208,290	262	795	هیدروژن
26,400,000	10,000	2,640	پروپیلن گلایکول

واکنش ها-واحد چند منظوره اول	وزن کل واکنش دهنده ها(تن/سال)	قیمت کل واکنش دهنده ها(تن/سال)	قیمت کل فراورده(تن/سال)	فراورده های مورد نظر هر فرایند	وزن کل فراورده	قیمت کل فراورده
واکنش اول-تبدیل پروپیلن به گلیسرین	40,625	15,489,010	10,800,000	گلیسرین	12,000	10,800,000
واکنش دوم-تبدیل پروپیلن به اکریلیک اسید	362	234,600	1,920,000	اکریلیک اسید	1,200	1,920,000
واکنش سوم-تبدیل اکریلیک اسید به سوپر جاذب	60,790	65,271,250	86,700,000	سوپر جاذب	51,000	86,700,000
واکنش چهارم- تبدیل پروپیلن به پروپیلن گلایکول	12,410	14,064,000	26,400,000	پروپیلن گلایکول	10,000	26,400,000
واکنش ها-واحد چند منظوره دوم	وزن کل واکنش دهنده ها(تن/سال)	قیمت کل واکنش دهنده ها(تن/سال)	قیمت کل فراورده(تن/سال)	فراورده های مورد نظر هر فرایند	وزن کل فراورده	قیمت کل فراورده
واکنش اول-تبدیل چربی به اسیدچرب	112	22,400	54,000,000	اسیدچرب	36,000	54,000,000
واکنش اول-تبدیل چربی به گلیسرین	112	22,400	10,800,000	گلیسرین	12,000	10,800,000
واکنش دوم-تبدیل گلیسرین به اکریلیک اسید	1,629	1,388,700	1,920,000	اکریلیک اسید	1,200	1,920,000
واکنش سوم- تبدیل اکریلیک اسید به سوپر جاذب	60,790	65,271,250	86,700,000	سوپر جاذب	51,000	86,700,000
واکنش چهارم- تبدیل گلیسرین به پروپیلن گلایکول	12,362	11,098,290	26,400,000	پروپیلن گلایکول	10,000	26,400,000

پارک اول- مواد (اولیه و محصولات)-تبدیل پروپیلن به گلیسرین	وزن کل مواد	قیمت واحد(دلار)	قیمت کل مواد(دلار)	جمع قیمت کل واکنش دهنده -فرایند اول
پروپیلن	5,490	1,050	\$5,764,500	\$15,549,010
کلر	9,250	60	\$555,000	جمع قیمت کل فراورده-فرایند اول
سدیم کربنات	13,830	22	\$304,260	\$10,800,000
هیپو کلرواسید	6,895	1,200	\$8,274,000	جمع قیمت کل واکنش دهنده-فرایند دوم
سدیم هیدروکسید	5,210	125	\$651,250	\$462,750

گلیسرین	12,000	900	\$10,800,000	جمع قیمت کل فراورده-فرایند دوم
مواد (اولیه و محصولات)-پروپیلن به اکریلیک اسید				\$1,920,000
پروپیلن	365	1,050	\$383,250	جمع قیمت کل واکنش دهنده-فرایند سوم
اکسیژن	265	300	\$79,500	\$65,271,250
اکریلیک اسید	1,200	1,600	\$1,920,000	جمع قیمت کل فراورده-فرایند سوم
مواد (اولیه و محصولات)-اکریلیک اسید به سوپر جاذب				\$86,700,000
اکریلیک اسید	39,100	1,600	\$62,560,000	جمع قیمت کل واکنش دهنده-فرایند چهارم
سدیم هیدروکسید	21,690	125	\$2,711,250	\$14,064,000
سوپر جاذب	51,000	1,700	\$86,700,000	جمع قیمت کل فراورده-فرایند چهارم
مواد (اولیه و محصولات)-پروپیلن به پروپیلن گلایکول				\$26,400,000
پروپیلن	5,520	1,050	\$5,796,000	
هیپوکلرواسید	6,890	1,200	\$8,268,000	
پروپیلن گلایکول	10,000	2,640	\$26,400,000	

پارک دوم-مواد(اولیه و محصولات)-تبدیل چربی به گلیسرین و اسیدچرب	وزن کل مواد (تن)	قیمت واحد(دلار)	قیمت کل مواد(دلار)	جمع قیمت کل واکنش دهنده -فرایند اول
چربی	112	\$200	\$22,400	\$22,400
گلیسرین	12,000	\$900	\$10,800,000	جمع قیمت کل فراورده-فرایند اول
اسیدچرب	36,000	\$1,500	\$54,000,000	\$64,800,000
مواد (اولیه و محصولات)-تبدیل گلیسرین به پروپیلن گلایکول				جمع قیمت کل واکنش دهنده-فرایند دوم
گلیسرین	12,100	\$900	\$10,890,000	\$11,098,290
هیدورژن	262	\$795	\$208,290	جمع قیمت کل فراورده-فرایند دوم
پروپیلن گلایکول	10,000	\$2,640	\$26,400,000	\$26,400,000
مواد (اولیه و محصولات)-تبدیل گلیسرین به اکریلیک اسید				جمع قیمت کل واکنش دهنده-فرایند سوم
گلیسرین	1,500	\$900	\$1,350,000	\$1,388,700
اکسیژن	129	\$300	\$38,700	جمع قیمت کل فراورده-فرایند سوم
اکریلیک اسید	1,200	\$1,600	\$1,920,000	\$1,920,000
مواد (اولیه و محصولات)-تبدیل اکریلیک اسید به سوپر جاذب				جمع قیمت کل واکنش دهنده-فرایند چهارم
اکریلیک اسید	39,100	\$1,600	\$62,560,000	\$65,271,250
سدیم هیدروکسید	21,690	\$125	\$2,711,250	جمع قیمت کل فراورده-فرایند چهارم
سوپر جاذب	51,000	\$1,700	\$86,700,000	\$86,700,000

- 1 .global market share in the chemical .statista [https://www.statista.com/statistics/263136/global-market-share-in-the-chemical-industry-by-region./](https://www.statista.com/statistics/263136/global-market-share-in-the-chemical-industry-by-region/)
- 2 .statista .global market chemical [https://www.statista.com/statistics/263136/global-market-share-in-the-chemical-industry-by-region./](https://www.statista.com/statistics/263136/global-market-share-in-the-chemical-industry-by-region/)
- 3 .chemical .chmical park .German Chemical Industry Association .make in germany .
- 4 .Parks, Chemical .Industry Landscaping a la Germany .German.
- 5 .PRODUCTS OF THE CHEMICAL OR ALLIED INDUSTRIE ,Import and Export Regulations .
- 6 .pubchem .glycerol .pubchemncbi.nlm.nih.gov .<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Glycerol>.
7. PUBCHEM .glycerol .pubche <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Glycerol>.
- 8 .Danjo, Hiroshi OhnishiHiroshi .Method for producing glycerol.8609905
- 9 .Danjo, Hiroshi (Wakayama, JP) .Method for producing glycerol .United States Patent 8609905 US, 17 12 2013.
- 10 .Krabacher, Herbert C. AhtingDavid A .Process for producing glycerin .US6867337B2
- 11 .Matar, S.; Hatch, L.F. Chemistry of Petrochemical Processes, 2nd ed.; Gulf Publishing Company: Houston, TX .,
- 12 .Matar S., Hatch L.F .Chemistry of Petrochemical Processes. nd ed. Gulf Publishing Company; Houston, TX, , USA: 2000.
- 13 J.G, Speight .Chemical and Process Design Handbook .New York, NY, USA : The McGraw-Hill Comp. Inc, 2000.
- 14 .Marchetti J.M., Miguel V.U .Possible methods for biodiesel production. Rene : Errazu A.F.. Sustain. Energy Rev. , 2007–131111300.
- 15 .Quispe C.A.G., Coronado C.J.R., Carvalho J.A., Jr. Glycerol: Production, consumption, prices, characterization and new trends in combustion. Renew. Sustain. Energy Rev. 2013;27:475–493. doi: 10.1016/j.rser.2013.06.017 .
- 16 .Fukuda, H., Kond, A , .Noda, H .Biodiesel fuel production by transesterification of oils. J. Biosci. Bioeng.2001.
- 17 .ournay, L .B New heterogeneous process for bio diese ,190,106,2005.
- 18 .Ilham, Z , .Saka, S .Dimethyl carbonate as potential reactant in non-catalytic biodiesel production by supercritical method.
- 19 .Goembira, F , .Saka, S . .Optimization of biodiesel production by supercritical methyl acetate .2013.

- 20 .Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for, transesterification of high free fatty acid oil.25-500-518.2010
- 21 .Hidawati, E.N , Mimi Sakinah, A.M .Treatment of Glycerin Pitch from Biodiesel Product ,5.2011.313-3095
- 22 .Hiremath, A., Kannabiran, M , Rangaswamy, V. 1,3 .-Propanediol production, from crude glycerol from jatropha biodiesel process.23-19,28.2011
- 23 .Hu, S .Characterization of crude glycerol from biodiesel plants .2012.
- 24 .Tan, H.W., Aziz, A.A , Aroua, M.K .Glycerol production and its applications as a raw material: A review.127-118,27.2013
- 25 .Bouaid, A.,Effect of free fatty acids contents on biodiesel quality. Pilot .2016.
- 26 .Tan, H.W., Aziz, A.A , Aroua, M.K .Glycerol production and its applications as a raw material .2013-127-118,27
- 27 .AzizM.K.Aroua, H.W.TanA.R.Abdul .sciencedirect .Glycerol production and its applications as a raw material: A review, 27-2013 .<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii>.
- 28 .Glycerin Market by Process (Transesterification, Saponification, Fat Splitting), Source (Vegetable Oils, Biodiesel, Soaps, Synthetic), Application (Industrial, Chemical intermediates), Grade, Region - Global Forecast to 2021 .marketsandmarkets.Published Date: Apr 2017 .<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/glycerin-market>.
- 29.trademap,glycerol.trademap.2017-2018 .
https://www.trademap.org/Country_SelProductCountry_TS.aspx.
30. Glycerol/Export .Trade Map <https://www.trademap.org/Index.aspx>.
- 31 .nimachem/aboutus .nimachemi-NCIC. <http://www.nimachemi.ir/fa/>
- 32 .pubchem/Propylene glycol .pubchem .<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Propylene-glycol>.
- 33 .pubchem/propylene glycol .pubchem <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Propylene-glycol#section=Depositor-Supplied-Synonyms>.
- 34 .Behr, A „Improved utilisation of renewable resources: new important derivatives of glycerol, Green Chem.2008.
- 35 .Corma, A., Iborra, S , Velt, A .Chemical routes for the transformation of biomass into chemicals .2007.
- 36 .Martin, A.E , Murphy, F.H .Glycols-propylene glycols; Report of Dow Chemical Company.2014.
- 37 .Dasari, M .Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol.231-225,281.2005
- 38 .Martin, A .Glycerol hydrogenolysis into propanediols using in situ generated hydrogen.2013.
- 39 .Bozga, E., Plesu, V , Bozga, G .Conversion of glycerol to propanediol and acrolein by heterogeneous catalysis.654-646,6.2011
- 40 .Marinas, A „Sustainability metrics for a fossil- and renewable-based route for 1,2-propanediol production . 2015.

- 41 .Rodrigues, R.,Effect of niobia and alumina as support for Pt catalysts in the hydrogenolysis of glycerol.2012
- 42 .Marinoiu, A.,Glycerol hydrogenolysis to propylene glycol.320-315,97.2009
- 43 .Feng, J .Hydrogenolysis of glycerol to glycols over ruthenium catalysts.1464-1458,9.2008
- 44 .Torres, A „Kinetic modeling of aqueousphase glycerol hydrogenolysis in a batch slurry reactor . 2010.10835-49,10
- 45 .Candido, Carlos rené klotz RABELLOMarlito Junior GomesBernardo Galvão SIQUEIRARaphael Bezerra De MenezesWilson Kenzo Huziwaratomas Shinobu YamadaLigia Maria Marcareli De OliveiraGiselle De Carvalho OliveiraWilliam Victor Carlos .Production of propylene glycol from glycerol .EP2540692A2
- 46 .ANGGRAENI, DIAH AYU .PRELIMINARY DESIGN OF PROPYLENE GLYCOL PLANT FROM PROPYLENE OXIDE AND WATER USING ACID CATALYST .2016 .D 500 122 007.
- 47.marketsandmarket/Reports/propylene-glycol-marketmarketsandmarket.2018 .
<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/propylene-glycol-market-264488864.html>.
- 48.marketsandmarkets/Market-Reports/propylene-glycol-market.2018 .
<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/propylene-glycol-market-264488864.html>.
- 49.Market-Reports/propylene-glycol-market.marketsandmarkets./2018 .
<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/propylene-glycol-market-264488864.html>.
- 50 .propylene glycol . trademap trademap.org/Country_SelProductCountry.
- 51 .trademap/report .propylene glycol/export https://www.trademap.org/Country_SelProductCountry.
- 52 .stearic acid .jahanshimi .<https://www.jahanshimi.com/products/>
- 53 .stearic acid .kianpishro .<http://kianpishro.com/>
- 54 .acid stearic industry .sorenchem .<https://sorenchem.com/stearic-acid-and-cosmetic-industry/>
- 55 .stearic acid/compound .pubchem .<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Stearic-acid>.
- 56 .sciencedirect/stearic acid .sciencedirect .<https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/stearic-acid>.
- 57 .Lofquist, Eric E. (Novelty, OH, US) .PREPARATION OF STEARIC ACID .United States Patent Application 2017032114,2017-09-11
- 58 .lipidlibrary/deodorization .lipidlibrary <https://lipidlibrary.aocs.org/edible-oil-processing/deodorization>.
- 59 .wikipedia/distillation .wikipedia .<https://en.wikipedia.org/wiki/Distillation>.
- 60 .batch distillation .wikipedia .https://en.wikipedia.org/wiki/Batch_distillation.
- 61 .prilling .linkedln .jun 2014 .<https://www.slideshare.net/khalidnawaz754/prilling-tower-and-granulation>.
- 62 .Lunde, Kenneth E .Process for hydrolysis of fats and oils .US3253007A

- 63.researchgate/fattyacid.researchgate .
_Stearic_acid_trans_fatty_acids_and_dairy_fat_Effects_on_serum_and_lipoprotein_lipids_apolipoproteins_lipoproteina_and_lipid_transfer_proteins_in_healthy_subjects.
- 64 .palmitic acid .chemicalsafty .<https://www.chemicalsafetyfacts.org/palmitic-acid/>
- 65.reportpalmiticacidmarket.futuremarketinsights .
<https://www.futuremarketinsights.com/reports/palmitic-acid-market>.
- 66 .report stearic acid market .futuremarketinsights .<https://www.futuremarketinsights.com/reports/stearic-acid-market>.
- 67 .about us .alandshimi .<http://alandshimi.com/%d8%af%d8%b1%d8%a8%d8%a7%d8%b1%d9%87-%d9%85%d8%a7/>
- 68.abousus.mirshamsifactory
<https://www.mirshamsifactory.com/%d8%af%d8%b1%d8%a8%d8%a7%d8%b1%d9%87-%d9%85%d8%a7/>
- 69 .Solventis .desember 2018 .<https://www.solventis.net/products/acrylates/acrylic-acid/>
- 70 .acrylic acid . solventis .<https://www.solventis.net/products/acrylates/acrylic-acid/>
71. acrylic acid .pubchem .<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acrylic-acid>.
- 72 .pubchem .3 october 2004 .<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acrylic-acid>.
- 73 .acrylic-acid .tehran_chem [july 1985 .<https://tehran-chem.com/acrylic-acid/>
- 74 .XiaomengSuo .Acrylic Acid Process .
- 75 .Effects of structures of molybdenum catalysts on selectivity in gas-phase propylene oxidation/Chinese Journal of Catalysis .M. Sustek, B. Horváth, I. Vávra, M. Gál, E. Dobročka, M. Hronec.1900500,-50.
- 76 .Tetsuji Mitsumoto, Himeji (JP) .Shell-and-tube type heat exchanger and method for production of (meth) acrylic acid by use of the exchange .US7147048B2-2002.
- 77 .Hakozaki, Michio TanimotoNobuyuki .Fixed-bed reactor and process for producing acrylic acid using the reactor .US8673245B2 patent.
78. report acrylic acid market . marketsandmarkets .<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/acrylic-acid-market-683.html>.
79. country, Chemical parks in Europe by .Chemical Park . German.
- 80 .Company, Iranian Chemical Parks Development .ICPDC .2018 .
- 81 .park, chemical .Industry Landscaping a la Germany .german.
- 82 .Industry Landscaping a la Germany .german.
- 83 .PLAN, IMPLEMENTATION :RECS International Inc., September 2013.
- 84 .ICPDC .Industrial Park Services .Chemical Parks Development Company 2011 .
85. Company, Iranian Chemical Parks Development .ICPDC .

- 86 .ICPDC .Industrial Park Services .Chemical Parks Development Company.2011 .
- 87 .AMADEO, KIMBERLY .The 3 Types of Profit Margins and What They Tell You .the balance profit margin
<https://www.thebalance.com/profit-margin-types-calculation-3305879>.
- 88 .TechnoFunc .Importance / Impact of Chemicals Industry .technofunc .December Hits 38791 .
- 89 .Ahting, Herbert C. (Cincinnati, OH, US) .Process for producing glycerin .United States Patent 6867337 US,
03 15 2005.
- 90 .Speight, J.G. Chemical and Process Design Handbook; The McGraw-Hill Comp. Inc.: New York, NY, USA,
2002 .;
- 91 .Speight, J.G. Chemical and Process Design Handbook; The McGraw-Hill Comp. Inc.: New York, NY, USA,
2002 .;
- 92 .Hu, S .Characterization of crude glycerol from biodiesel plants .2012..

Absbstract

Annually, about 9 million and 736 Thousand tons of chemicals equivalent to 14 milliard dollars are imported into the country. The purpose of this project is to review import statistics and propose the construction of a multi-purpose unit or chemical park for covering the import requirements. In the second chapter, 10-year statistics on chemical imports were reviewed. Materials that were imported each year and had a high weight and price were selected. Glycerin, stearic acid, palmitic acid, propylene glycol and acrylic acid were introduced as selected chemicals for further analysis. Chapter 3 reviews the production processes of these materials. The processes of hydrolysis and ester exchange for the production of glycerin, dehydration of glycerin and oxidation of propylene for the production of acrylic acid and the reaction of conversion of glycerol to propylene glycol and the process of conversion of propylene oxide to propylene glycol for the production of propylene glycol have been reviewed. In the fourth chapter, the general framework of two chemical parks based on propylene and fat (Tallow) is introduced. Also, although the chemical of super absorbent polymer is not one of the top 10 materials in terms of price or weight, but because it is one of the imported products of acrylic acid, it has been included in the design of the park. The "profit margin" profitability criterion is also introduced for the preliminary economic analysis. Finally, the fifth chapter states the final result.

BIHE



**Chemical Engineering Department
Dissertation for Bachelor's Degree**

Proposal for Multi Propose Chemical Production Complex

**By: Mona Hatami
Supervisor: Dr. Kourosh Hemmati**

Spring 2021