

بررسی متغیرهای مؤثر در فرایند تهیه ایزوپروپیل الکل به روش هیدراسیون (آبدهی) غیر مستقیم

فرشته گل محمد^{*}، داود صادقی فاتح، محمد حسن ایکانی

تهران، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، پژوهشکده صنایع شیمیایی

پیام نگار: fgolmohamady@yahoo.com

چکیده

ایزوپروپیل الکل به روشهای مختلف تولید می‌شود، دو روش تجاری اصلی وجود دارد که ماده اولیه آنها پروپین است. روش اول، آبدهی غیر مستقیم پروپین در حضور کاتالیزگر اسیدی همگن و روش دوم، آبدهی مستقیم در حضور کاتالیزگر اسیدی ناهمگن است. در طرح پژوهشی حاضر از روش متداول آبدهی غیر مستقیم استفاده شده است. آزمایش‌ها در راکتور تحت فشار یک لیتری در حضور پروپین و اسید سولفوریک در سیستم دوفازی (مایع - گاز) به صورت نیمه پیوسته انجام شده است. آزمایش‌ها به صورت تک متغیره طراحی و با غلظت‌های ۶۵٪، ۷۵٪، ۸۵٪، ۹۵٪ اسید، در دماهای مختلف ۲۵ °C، ۳۵ °C، ۴۵ °C، ۶۰ °C تحت فشار ۱۲۰ psi انجام پذیرفت. پس از دستیابی به محصول مورد نظر در شرایط بهینه، عملیات جداسازی و خالص‌سازی انجام و الکل با خلوص فنی ۸۰٪ وزنی تهیه شد. پس از جداسازی آب باقی مانده در محصول و خشک کردن آن با سولفات سدیم، سایر آنالیزهای انجام شده با *HNMR, FTIR* و چگالی، نشان داد که با استاندارد مربوطه مطابقت دارد. همچنین خلوص محصول تهیه شده به کمک روش *GC* اندازه‌گیری شده است.

کلمات کلیدی: ایزوپروپیل الکل، آبدهی غیر مستقیم، پروپین، نیمه پیوسته

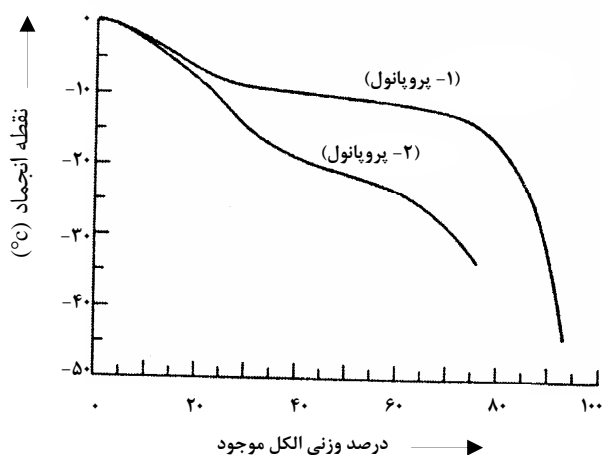
۱- مقدمه

آبدهی پروپین تولید می‌شود. خواص فیزیکی ایزوپروپیل الکل خشک و مخلوط آزئوتروپ ۹۱٪ آن با آب در جدول (۱) ارائه شده است [۱]. خواص تجمعی ایزوپروپیل الکل منجر به تشکیل آزئوتروپ با ترکیبات متعددی از جمله آروماتیک‌ها، استرها، آمین‌ها و کتون‌ها می‌شود. مثال‌هایی از آزئوتروپ‌های دو تایی در جدول (۲) درج شده است [۲].

منحنی نقطه انجماد مخلوط آب و الکل در شکل (۱) رسم شده است. این منحنی، نشان می‌دهد که پایین بودن دمای انجماد الکل خالص، مزیتی است که در محلول‌های مائی آب و الکل از دست می‌رود [۳].

پروپانول‌ها با فرمول عمومی C_3H_7OH و جرم مولکولی ۶۰/۱۰، دارای دو ایزومر (۱- پروپانول) و (۲- پروپانول) می‌باشند. ترکیب اخیر با شماره ثبت [۸-۲۳-۶۷] با نام ایزوپروپیل الکل و ایزوپروپانول نیز شناخته شده است. ایزوپروپیل الکل از نظر صنعتی حائز اهمیت است. این ماده شیمیایی، شفاف، بی‌رنگ و مایعی آتشگیر است و بویی مشابه اتانول دارد. به صورت طبیعی در روغن نفت خام یافت می‌شود و در اثر تجزیه و یا تخمیر انواع سبزیجات نیز تولید می‌شود. این ماده، عمدتاً به عنوان حلال در فرمولبندی ضد یخ، محصولات پاک‌کننده خانگی و به عنوان حدواسط شیمیایی در تهیه استرها، آمین‌ها و دیگر مشتقات آلی به کار می‌رود. ۲- پروپانول به روش

دقت به وسیله روش اندازه‌گیری چگالی مشخص می‌شود. روش کروماتوگرافی نیز به‌عنوان یکی از تکنیک‌های بسیار دقیق جهت کنترل و اندازه‌گیری سایر ناخالصی‌های آلی و خلوص محصول به کار می‌رود.



شکل ۱- نقطه انجماد مخلوط ۱-پروپانول و ۲-پروپانول با آب

دو روش عمده تجاری آبدهی غیر مستقیم پروپن و آبدهی مستقیم پروپن برای تهیه (۲- پروپانول) وجود دارد و دیگر روشهای موجود از جمله هیدروژن‌دار کردن استون و سایر روشها بویژه روش تخمیری به میزان کمتر استفاده می‌شوند و تجاری نشده اند [۴].

سال ۱۹۲۹ کارنی بی کارتر^۱ در زمینه ساخت الکل از اتر مربوطه تحقیقاتی انجام دادند. واکنش با اسید سولفوریک ۷۵٪، در دمای ۱۵۰°C و فشار اتمسفریک صورت گرفته است [۵]. دیگر روشهای اجرایی جهت سنتز ایزوپروپیل الکل با آبدهی غیر مستقیم طی سالهای ۱۹۹۹-۱۹۳۵ توسط دیگر محققین و یا شرکت‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است [۲۸-۶]. این روش برای تولید ایزوپروپانول در سال ۱۹۴۵ تجاری شده است.

با توجه به انواع روشهای تولید IPA بیش از ۶۰٪ ظرفیت جهانی با استفاده از روش آبدهی غیرمستقیم و ۴۰٪ ظرفیت جهانی با استفاده از روش آبدهی مستقیم تولید می‌شود. ایزوپروپیل الکل در آمریکا و بسیاری از کشورهای اروپایی و آسیایی توسط شرکت‌های معروفی از جمله شل^۲، اکسون^۱ و شرکت‌های دیگر به روش آبدهی غیر

1. Carnie B. Carter
2. Shell

جدول ۱- خواص فیزیکی (۲-پروپانول)

ویژگی	۲- پروپانول (۹۱/حجمی)	۲- پروپانول خشک
جرم مولکولی	۶۰/۰۹۶	۶۰/۰۹۶
دمای بحرانی (°C)	۲۳۵/۱۵	
نقطه انجماد (°C)	-۵۰	-۸۸/۵
نقطه جوش (°C)	۸۰/۴۰	۸۲/۲۶
ضریب شکست در ۲۰ °C	۱/۳۷۶۹	۱/۳۷۵۲
چگالی مایع در ۲۰ °C (Kg/m ³)	-	۷۵۸/۳۹
انحلال‌پذیری در آب (WT%)	قابل امتزاج	قابل امتزاج

جدول ۲- آنزوتروپ‌های دوتایی ایزوپروپانول

و آب BP=۸۲/۵ °C

جزء دوم	نقطه جوش مخلوط (°C)	درصد وزنی	واحد چگالی (g/cm ³)
با الکل‌های مختلف			
اتانول	۷۸/۴°C	۹۵/۵	۰/۸۰۴
متانول	۶۴/۷°C		
نرمال پروپانول	۹۷/۲°C	۷۱/۷	۰/۸۶۶
ایزوپروپانول	۸۲/۵°C	۸۷/۹	۰/۸۱۸
نرمال بوتانول	۱۱۷/۸°C	۵۵/۵	U ۰/۸۴۹
		۷۹/۹	U ۷۹/۹
		۷/۷	L ۷/۷
۲-بوتانول	۹۹/۵°C	۶۷/۹	۰/۸۶۳

تفاوت در میزان فعالیت (۱- پروپانول) و (۲- پروپانول) بر طبیعت رادیکال‌های هیدروکربنی نوع اول و نوع دوم اثر می‌گذارد. واکنش‌های ویژه گروه هیدروکسیل شامل هیدروژن‌زدایی، اکسایش، استری کردن، آمین‌دار شدن، آب‌زدایی، افزایشی و تراکمی می‌باشد. (۲- پروپانول)، با سه نوع خلوص ۹۱٪، ۹۵٪ حجمی و خشک (۹۹/۸۵٪) تولید می‌شود. خلوص محلول‌های مائی (۲- پروپانول) با

۳-۲ تجهیزات و دستگاه‌ها

مخزن فولادی دو جداره دارای حجم ۱۰۰۰ میلی لیتر، Buchi, Type IV-راکتور استوانه ای تحت فشار با فشار مجاز حداکثر ۶۰ بار و دمای مجاز حداکثر ۲۵۰ درجه سلسیوس مجهز به گردش دهنده روغن و همزن با دور متغیر که در شکل (۲) نشان داده شده است. دستگاه GC فیلیپس مدل PU۴۵۰۰ مجهز به آشکارساز یونش شعله^۲ می باشد. از ستون ۱ BP- به طول ۲۵ متر، قطر داخلی ۰/۵۳ میلی متر و با ضخامت فیلم ۱ میکرون استفاده شده است. حجم تزریق ۰/۲ میکرو لیتر، گاز حامل هلیوم ۹۹/۹ در صد با شدت جریان ۱ میلی لیتر در دقیقه و از برنامه ریز دمایی ۵۵ تا ۱۰۰°C با سرعت ۸(C/min) استفاده شده است. دمای محل تزریق و آشکارساز ۲۰۰°C است. با دستگاه طیف سنج FTIR فیلیپس مدل ۹۶۲۴ PU، طیف نمونه به صورت فیلم نازک روی قرص KBr گرفته شده است. دستگاه NMR۵۰۰ مدل BRUCKER -

۳-۳ انتخاب روش و شرح فرایند

۳-۳-۱ روش انتخابی

با توجه به مطالعات کتابخانه ای انجام شده تهیه ایزوپروپیل الکل به روش آبدی غیر مستقیم بررسی شد و از میان دو روش اجرایی آبدی غیر مستقیم مشخص شد که فرایند تولید با اسید سولفوریک غلیظ (بیش از ۸۰٪) به عنوان یک روش عمده تجاری و صنعتی در جهان قابل توجه نمی باشد زیرا در این روش، ضمن نیاز به پروپن با خلوص بسیار بالا، سیستم با مشکل تخلیه محصولات جانبی و خوردگی شدید روبرو است. بر این اساس، روش فرایند غیر مستقیم با اسیدرقیق (۸۰-۶۰٪) انتخاب شد. با توجه به نوع راکتور تحت فشار موجود از روش نیمه پیوسته^۳ برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد.

۳-۳-۲ روش تهیه

۱۵۰ گرم اسید سولفوریک ۷۵٪ (۱/۴۱ mol/lit) را بعد از خنک کردن تا حدود دمای تنظیم شده واکنش در راکتور تحت فشار بارگیری و به کمک گردش دهنده روغن، دمای مورد نظر برای

مستقیم تهیه می شود. میزان میانگین واردات این ماده شیمیایی در ایران بر اساس تعرفه شماره ۲۹۰۵/۱۲ بازرگانی خارجی گمرک در سالهای ۱۳۸۰-۱۳۷۷ از کشورهای آلمان، امارات، بلژیک، تایوان، کره، مالزی، هلند و سنگاپور بیش از ۵ هزار تن در سال بوده است [۲۹]. با توجه به میزان واردات و میزان مصرف IPA در ایران، در شرکت پایین دستی پتروشیمی، برای واحدی با ظرفیت تولید ۶۰ هزار تن در سال، امکان سنجی مقدماتی شده است [۳۰].

۳- بخش تجربی

۳-۱ مشخصات فنی مواد مصرفی

دی ایزوپروپیل اتر با خلوص ۹۸/۵٪، ایزوپروپیل الکل با خلوص ۹۹/۸٪ و اسید سولفوریک با خلوص ۹۷-۹۵٪، دی کرومات پتاسیم، سدیم هیدروکساید، سولفات سدیم و هگزان با خلوص ۹۸/۵٪ از شرکت مرک تهیه شده است. گاز پروپن از پتروشیمی تبریز تدارک شده و مشخصات آن در جدول (۳) ذکر شده است.

جدول ۳- مشخصات گاز پروپن پتروشیمی تبریز

ردیف	ترکیب	واحد	درصد
۱	پروپن	Mol%	حداقل ۹۹/۷
۲	پروپان	Mol ppm	حداکثر ۲۸۰۰
۳	اتان	Mol ppm	حداکثر ۳۰
۴	اتیلن	Mol ppm	حداکثر ۲
۵	استیلن	Mol ppm	حداکثر ۱
۶	متیل استیلن	Mol ppm	حداکثر ۱
۷	پروپان دی ان	Mol ppm	حداکثر ۲
۸	C ₄	Mol ppm	حداکثر ۱
۹	متان	Mol ppm	حداکثر ۱۰
۱۰	CO	Mol ppm	حداکثر ۰/۳
۱۱	CO ₂	Mol ppm	حداکثر ۲

1. Exxon

2. Flame Ionization Detector
3. Semi Batch

پذیرفت. کروماتوگرام مربوط به نمونه های برداشت شده در دماهای فوق، حضور الکل را نشان می داد.

با توجه به آزمایش های اولیه انجام شده و تعیین روش مناسب جهت استحصال محصول نهایی (۲- پروپانول)، آزمایش های متعددی با غلظت های متفاوت اسید سولفوریک انجام شد که داده های مربوطه در جدول (۴) ارائه شده است. در مرحله بعد با توجه به تعیین غلظت مناسب اسید، آزمایش های بعدی در دماهای مختلف انجام شد که نتایج در جدول (۵) درج شده است. بعد از تعیین غلظت مناسب اسید، جهت تعیین میزان گاز مورد نیاز، واکنش تا زمانی که دیگر جذب صورت نگیرد در شرایط اسید ۷۵٪ و دمای ۲۵°C انجام شد. بعد از پنج بار تزریق گاز و کاهش میزان جذب، واکنش، قطع شد و مخلوط واکنش، تخلیه گردید و عملیات لازم جهت استحصال محصول انجام شد. علاوه بر توزین محصول، میزان گاز ورودی به راکتور با ترازوی دیجیتال اندازه گیری شد. مقایسه میزان گاز جذب شده در مدت ۶ ساعت در مقایسه با واکنش مشابه با سه مرتبه تزریق گاز در مدت دو ساعت نشان می دهد که علی رغم اختلاف زمانی ۴ ساعت، فقط به میزان ۸ گرم گاز اضافی جذب شده است (حدود ۱۵٪) که این میزان افزایش، با مدت ماند در راکتور برای واکنشی با ضریب خوردگی بالا توجیه ندارد، لذا تعداد سه بار تزریق گاز با فشار ماکزیمم ۱۲۰ psi مبنای دیگر آزمایش ها قرار گرفت.

در صدخلوص هر یک از محصولات به دست آمده با دستگاه GC اندازه گیری کیفی و کمی شده است. در روش کیفی از مخلوط دی ایزو پروپیل اتر و ایزوپروپیل الکل به عنوان شاهد استفاده شده است. زمان خروج هر یک از اجزاء در مخلوط تزریق شده معیار مقایسه در نمونه ها بوده و مقادیر درصد خلوص نمونه ها نیز بر مبنای ۱۰۰ گزارش و مقایسه شده اند (جدول (۴)).

در روش کمی، مخلوطی شامل ۵/۵CC دی ایزو پروپیل اتر ۹۸/۵٪ و ۵CC ایزوپروپیل الکل ۹۹/۸٪ که چگالی های آنها، به ترتیب، ۰/۴۷/۷۱ و ۰/۵۲/۳۲٪ می باشند به عنوان استاندارد خارجی تهیه و ۰/۲ ml از آن به دستگاه تزریق گردید و سپس با تزریق حجم مشابه از نمونه ها، خلوص کمی نمونه ها در مقایسه با مقدار کمی استاندارد خارجی محاسبه و بر حسب در صد گزارش شد.

خلوص الکل تهیه شده، میزان جذب گاز، مدت مورد نیاز واکنش، دمای مناسب و همچنین بازدهی فرایند، معیار تعیین شرایط بهینه

واکنش تنظیم شد. در مرحله بعد با تزریق گاز پروپن، فشار ۱۲۰ psi (در این فشار، گاز در دمای محیط به صورت مایع می باشد) ایجاد شد. با توجه به آزمایش های اولیه انجام شده، تعداد دفعات تزریق گاز پروپن تا ۱۲۰ psi متناسب با میزان اسید سولفوریک موجود در سه نوبت انجام شد که همزمان با جذب گاز و پیشرفت واکنش و افت فشار اعمال شده در سیستم در هر نوبت، تزریق های بعدی انجام شد. میزان نهایی گاز تزریق شده به راکتور به کمک ترازوی دیجیتال توزین گردید. پس از آخرین تزریق گاز و ثابت ماندن فشار راکتور که نشان دهنده عدم جذب و اتمام واکنش است محتویات مخزن تخلیه شد و عملیات لازم جهت استحصال محصول انجام گردید.

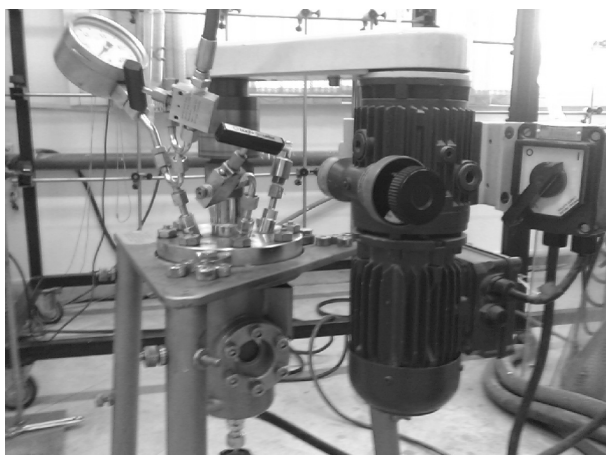
اختلاف وزن مواد اولیه و محصول خارج شده از راکتور، معادل میزان گاز جذب شده است که از نظر وزنی با میزان ثبت شده با ترازو همخوانی دارد (جدول (۲)).

۳-۳-۳ هیدرولیز محصول خام

هیدرولیز محصول خام (مخلوط هیدروژن سولفات استرها و سایر محصولات فرعی) در دو مرحله انجام گرفت. پس از انجام اولین مرحله هیدرولیز، به منظور خارج کردن گازهای پروپن مازاد در مخلوط واکنش، با حرارت دادن تا دمای ۵۰°C تبخیر ناگهانی صورت گرفت.

بعد از انجام عمل فلاش، به منظور تکمیل هیدرولیز و آزاد شدن الکل، ضمن کنترل دما تا دمای محیط با افزودن آب به مخلوط فوق، مرحله دوم هیدرولیز انجام شد. در مرحله پایانی جهت استحصال محصول مورد نظر، روشهای استخراج (مایع- مایع) با حلال هگزان، خنثی سازی با سود و تقطیر با بخار آب، مورد بررسی قرار گرفت.

نمونه هیدرولیز شده تحت تقطیر با بخار قرار گرفت تا آزنوتروپ آب و الکل جدا شود و تقطیر تا زمانی که رنگ مقطرات در حضور معرف اسید کرومیک زرد شود ادامه یافت و مقطرات به کمک ستون جداکننده ویگرو و تقطیر جز، به جزء جمع آوری گردید و در سه محدوده دمایی (۷۵-۷۰°C)، (۸۵-۷۵°C)، (۹۳-۸۵°C) جداسازی و به کمک سولفات سدیم، خشک شد و رنگ مقطرات جدا شده با معرف اسید کرومیک مقایسه گردید که به ترتیب سبزرنگ، سبز کم رنگ و سبزرنگ بود و همچنین با GC اندازه گیری کیفی انجام



شکل ۲- طرح کلی راکتور تحت فشار

واکنش بوده است. با توجه به آزمایش‌های انجام شده، شرایط بهینه به دست آمده شامل غلظت اسید سولفوریک ۰.۷۵٪، دمای 35°C و فشار ۱۲۰ psi می‌باشد. بازدهی‌های محاسبه شده مبتنی بر میزان گاز پروپین جذب شده در حین واکنش، خلوص الکل به دست آمده با دستگاه (GC)، و وزن الکل به دست آمده از تقطیر جزء به جزء در هر آزمایش بوده است. تغییرات غلظت اسید با سایر متغیرهای مورد نظر در واکنش از جمله بازدهی، خلوص محصول به دست آمده، میزان گاز جذب شده در حین واکنش و مدت واکنش، در شکل (۳) و همچنین تغییرات دمای واکنش با پارمترهای فوق در شکل (۴) ارائه شده است.

جدول ۴- تغییرات غلظت اسید سولفوریک در دمای 25°C فشار ۱۲۰ psi و دور همزن ۱۰۰۰ rpm

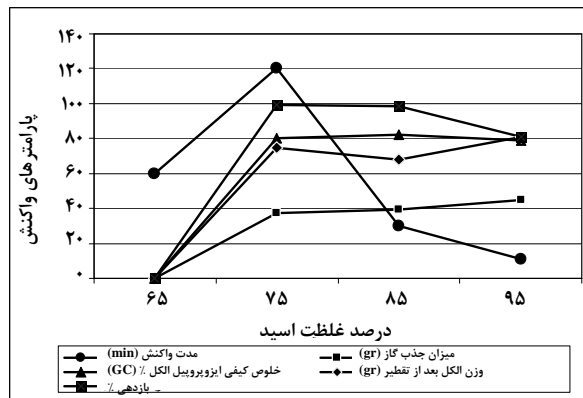
آزمایش	غلظت اسید (%)	مدت واکنش (min)	میزان جذب گاز (gr)	دمای واکنش پس از جذب گاز ($^{\circ}\text{C}$)	وزن الکل بعد از تقطیر (gr)	خلوص کیفی ایزوپروپیل الکل (GC %)	بازدهی (%)
۱	۶۵	۶۰	۰	۲۵	۰	۰	۰
۲	۷۵	۱۲۰	۳۷/۳۶	۳۴/۵	۷۴/۷۰	۸۰/۴	۹۹/۱۰
۳	۸۵	۳۰	۳۹/۴۹	۳۳	۶۷/۹۸	۸۱/۹۷	۹۸/۸۲
۴	۹۵	۱۱	۴۴/۵۳	۴۰	۸۰/۶۷	۷۸/۸۹	۸۰/۷۲

جدول ۵- تغییرات دما در روند واکنش با اسید سولفوریک ۰.۷۵٪، فشار ۱۲۰ psi و دور همزن ۱۰۰۰ rpm

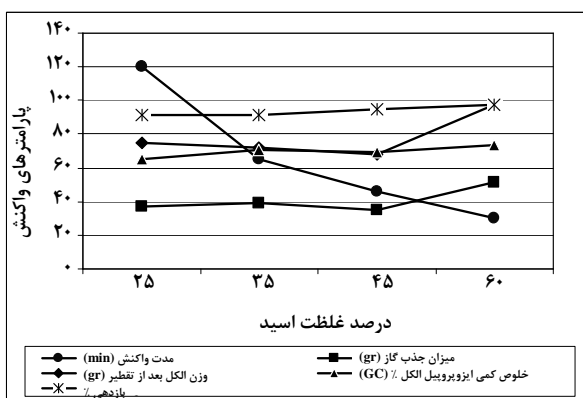
آزمایش	دمای شروع واکنش ($^{\circ}\text{C}$)	مدت واکنش (min)	میزان جذب گاز (gr)	وزن الکل بعد از تقطیر (gr)	خلوص کمی ایزوپروپیل الکل (GC %)	بازدهی (%)
۵	۲۵	۱۲۰	۳۷/۳۶	۷۴/۷۰	۶۵/۰۳	۹۱/۱۰
۶	۳۵	۶۵	۳۹/۲۰	۷۲/۱۹	۷۰/۸۱	۹۱/۲۸
۷	۴۵	۴۶	۳۴/۹۷	۶۸/۲۰	۶۹/۲۳	۹۴/۵۱
۸	۶۰	۳۰	۵۱/۴۴	۹۷/۶۸	۷۳/۵۲	۹۷/۷۶

ضرورت نداشته است و اسید ۷۵٪ جهت ادامه کار انتخاب شد. فاکتور بعدی دمای واکنش می‌باشد که می‌تواند در سرعت انجام واکنش نقش بیشتری دارا باشد، از اینرو واکنش در دماهای مختلف (۲۵ °C، ۳۵ °C، ۴۵ °C، ۶۰ °C) انجام پذیرفت. زمانهای متناظر با این دماها به ترتیب ۱۲۰ دقیقه در ۲۵ °C، ۶۵ دقیقه در ۳۵ °C، ۴۶ دقیقه در ۴۵ °C و همچنین ۳۰ دقیقه در ۶۰ °C بوده که معادل مدت سپری شده جهت جذب گاز تزریقی در دفعات مورد نظر (سه بار تزریق تا فشار ۱۲۰ psi) به راکتور می‌باشد. ملاحظه می‌شود که علی‌رغم فشار یکسان در هر آزمایش، به دلیل مکانیسم جذب واکنش با افزایش دمای واکنش، مدت لازم جهت جذب گاز تزریق شده و انجام واکنش به راکتور کاهش یافته است. اگر چه برای انجام واکنش در دمای بالا مانند ۴۵ °C و ۶۰ °C مدت کمتری صرف می‌شود ولی خوردگی راکتور و استهلاک آن با توجه به رنگ مواد خروجی از راکتور در دمای ۴۵ و ۶۰ درجه کاملاً مشهود بود. لذا با اینکه در این دو دما واکنش در زمان کمتری انجام می‌شود و بازدهی و خلوص الکل به دست آمده نیز کمی بیشتر است ولی به دلیل مشکلات اشاره شده، از آن صرف نظر شد. در مقایسه واکنش در دماهای ۲۵ °C و ۳۵ °C ملاحظه می‌شود که با انجام واکنش در دمای ۲۵ °C با صرف مدت تقریبی دو برابر، بازدهی تقریباً یکسان به دست آمده است. به همین دلیل دمای ۳۵ °C به عنوان دمای مطلوب در نظر گرفته شد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که بهترین شرایط برای تولید ایزوپروپیل الکل با بیشترین بازدهی و کمترین میزان محصولات جانبی و خوردگی و همچنین استهلاک تجهیزات، غلظت ۷۵٪ است. سایر شرایط بهینه در جدول (۶) درج شده‌اند.

لازم به ذکر است که جهت کاهش هزینه تولید، اسید رقیق شده در مدت عملیات جداسازی مانند هیدرولیز و تقطیر با بخار آب در یک فرایند صنعتی مجدداً تغلیظ و بازیابی می‌شود و در فرایند اصلی استفاده می‌گردد. همچنین میزان آب مصرفی در مرحله هیدرولیز باید حداقل مقدار مورد نیاز باشد تا مسائل و مشکلات تصفیه پساب نیز کاهش یابد. از دیگر مشخصات فیزیکی اندازه گیری شده محصول تهیه شده، چگالی و ضریب شکست است که در جدول (۷) ارائه شده است.



شکل ۳- تغییرات غلظت اسید سولفوریک با پارامترهای واکنش از جمله خلوص، مدت، میزان جذب گاز، بازدهی و وزن محصول



شکل ۴- تغییرات دمای واکنش با پارامترهای واکنش از جمله خلوص، مدت، میزان جذب گاز، بازدهی و وزن محصول

۴- بحث و نتیجه‌گیری

همانطور که در بخش تجربی اشاره گردید، با توجه به امکانات و شرایط آزمایشگاهی از بین دو روش مستقیم و غیر مستقیم تهیه ایزوپروپیل الکل، روش غیر مستقیم با اسید رقیق انتخاب شد. نتایج حاصله از آزمایش‌ها با غلظت‌های مختلف اسید (۶۵٪، ۷۵٪، ۸۵٪، ۹۵٪) که در جدول (۲) آمده است نشان داد که درواکنش با غلظت اسید ۶۵٪ پس از گذشت زمان مشابه واکنش، جذبی صورت نگرفت و واکنشی انجام نشد. در مورد سایر غلظت‌های اسید ملاحظه می‌شود که بازدهی و خلوص ایزوپروپیل الکل در سه غلظت باقی مانده با اغماض، تقریباً یکسان است. به همین دلیل استفاده از اسید غلیظ

جدول ۶- شرایط بهینه تولید ایزوپروپیل الکل با بیشترین بازدهی

غلظت اسید (%)	مدت واکنش (HR,MIN)	دمای واکنش (°C)	فشار (psi)	دور همزن (rpm)	بازدهی (%)	خلوص کیفی الکل (%)
۷۵	۱:۱۵	۳۵	۱۲۰	۱۰۰۰	۹۱/۲۸	۸۰

جدول ۷- مشخصات فیزیکی محصول

BP (°C)	²⁰ n _D	D _{20 0C}	%IPA
۸۱-۸۳	۱/۳۷۷۰	۰/۷۸۵	استاندارد (۹۹/۸)
۷۴-۷۸	۱/۳۷۲۸	۰/۸۳۰	نمونه تهیه شده

- [5] Carnie B. Carter, US Pat. 173372, AUGUST17, (1929).
 [6] Dupont ,British Pat. 448457, June 8, (1936).
 [7] Bataafsche Petroleum, British, Pat. 484437, May 5, (1938).
 [8] Henri M. Guinot US Pat. 2313196, March9, (1943).
 [9] Robert W. Schrage; Erwin H. Amick,"Hydrolysis of propylene -sulfuric acid solutions to isopropyl alcohol",Ind. Eng. chem. Vol. 43, No. 12, 2552-53, (1950).
 [10] John Howlett, US Pat. 25338, Dec. 12, (1950).
 [11] Brook I. Smith ,US Pat. 2541673, Feb. 13, (1951).
 [12] U Erwin H. Amick , S Pat. 2609400, Sep. 2, (1952).
 [13] Erwin H. Amick British Pat. 715438, Sep. 15, (1954).
 [14] Alvin R. Graff ,US Pat. 2640717, May 26, (1953).
 [15] William M. Drout ,US Pat. 2663679, Dec. 22, (1953).
 [16] Charles E. Morrell, U S Pat. 2666735, Jan. 19, (1954).
 [17] William E. Catterall U,S Pat. 2818444, Dec. 31, (1957).
 [18] Downes ,British Pat. 830369, March 16, (1960).
 [19] Friedrich John ,DE Pat. 1134977, June 3, (1960).
 [20] De melle Usines,British Pat. 978926, Jan. 1, (1965).
 [21] Tatsuo Horie, Masao Imaizumi, "New low cost isopropanol process", hydrocarbon processing, 49 (3), 119-120, (1970).
 [22] Jul. Braithwaite, US Pat. 4424388, (1982).
 [23] Robert J. Schmith ,US Pat. 4374286, Feb. 15, (1983).
 [24] Robert J. Schmith ,US Pat. 4374286, July 12, (1983).
 [25] Paul E. Burton & et. al ,US Pat. 4471142, Sep. 11, (1984).
 [26] Bell Weldon; Brown Stephen, "Multistage indirect propylene hydration process for the production of diisopropyl ether and isopropanol", J. Of Cleaner Production, 5(1-2), 173, (1997).
 [27] Golubev Ju; Krasnova S V, Ru. 2128158, Mar. 27, (1999).
 [28] Mohammad mujiburohman & et. al, "A preliminary study: Distillation of isopropanol-water mixtue using fixed adsorptive distillation method",Separation and Purification Technology, 48(1), 85-92, (2006).
 [۲۹] سالنامه آمار بازرگانی خارجی (واردات) سال (۱۳۷۷) و (۱۳۸۱).

- [30] www. npcpdid. com, Iran Petrochemical down Stream Industries, feasible study, (2005).

همان طور که می‌دانید، شاخص چگالی یکی از فاکتورهای مهم در تشخیص معیار خلوص مخلوط‌های آب و الکل در صنعت می‌باشد به طوری که با تقریب نسبتا مناسبی خلوص الکل از چگالی به دست می‌آید. با توجه به مقادیر چگالی موجود در منابع، چگالی مخلوط آب و الکل ۸۷/۹٪ معادل ۰/۸۱۸g/ml است که با مقدار اندازه‌گیری شده در جدول فوق قابل مقایسه است.

اندازه‌گیری کیفی و کمی نمونه‌ها علاوه بر دستگاه GC آزمایشگاه پژوهشکده صنایع شیمیایی، با دستگاه GC واریان مدل CP ۳۸۰۰ پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران به روش استاندارد داخلی با بوتانول نیز انجام شده است، مطابق با کروماتوگرام GC به دست آمده در صد کمی خلوص الکل تهیه شده معادل ۹۸/۹٪ است. کروماتوگرام GC، طیف FTIR و طیف H NMR ایزوپروپیل الکل خالص شده با استانداردهای موجود مطابقت دارد.

مراجع

- [1] SRI International: Chemicals Handbook, (1998).
 [2] L. H. Horsley, "AzeotropicData-III",American Chemical Society, washington,D. C. (1973).
 [3] J. timmermans," The physico-Chemical Constants of Binary Systems In oncentrated Solutions" ,Interscience, Vol. 4, (1960).
 [4] J. Papa Anthony, Ullmann's Encycl. Ind. Chem. , Vol. 3, 220-209, (1985).