

بررسی اثر نمک‌های کلرید بر عملیات تقطیر بیواتانول سوختی

سمیرا کریمی^۱، برات قبادیان^{۲*}

تهران - دانشگاه تربیت مدرس

(نویسنده مخاطب*: bghobadi@yahoo.com)

چکیده

در این تحقیق، به بررسی اثر انحلال نمک‌های خانواده کلرید در مخلوط آب - اتانول و بهبود هرچه بیشتر عمل تقطیر بیواتانول سوختی پرداخته شده است. نمک‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: نمک کلرید کلسیم ($CaCl_2$)، کلرید سدیم ($NaCl$) و کلرید آمونیوم (NH_4Cl). آزمون‌ها با استفاده از ۳ نوع نمک کلرید، در ۲ مقدار ۱۰ و ۲۰ گرم در هر ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول و در ۴ سطح غلظت بیواتانول اولیه ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ انجام گرفته است. مقدار پارامتر نهایی اندازه گیری شده، میزان غلظت نهایی یا خلوص بیواتانول می‌باشد. تحلیل آماری این تحقیق توسط نرم‌افزار SPSS انجام گرفته است. نتایج نهایی آزمایش‌ها نشان داد که استفاده از نمک تاثیر مشخصی بر روی بهبود عملیات تقطیر داشته است و جهت کاهش تعداد دفعات تقطیر اتانول قابل استفاده است. بین گروه $CaCl_2$ و NH_4Cl اختلاف معنی داری مشاهده نشد و همین دو گروه اختلاف معنی داری را با گروه $NaCl$ و شاهد داشتند. بنابراین توصیه می‌شود از بین نمک‌های مورد نظر، نمک $NaCl$ استفاده گردد. ترجیحاً از بین دو نمک $CaCl_2$ و NH_4Cl یکی استفاده شود. بهترین نتایج برای نمک کلرید سدیم و مقدار نمک ۲۰ گرم مشاهده شد که می‌توان آن را مقدار بهینه در عملیات تقطیر بیواتانول سوختی معرفی نمود.

واژگان کلیدی: نمک‌های کلرید - بیواتانول سوختی - تقطیر بیواتانول اولیه

۱- مقدمه

بیواتانول به‌عنوان ماده‌ای ارزشمند در بخش‌های مختلف صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ماده آلی اتانولی است که از تخمیر مواد گیاهی سلولزی، قندی، نشاسته‌ای و لیگنوسلولزی و در بسیاری از موارد از پسماند این مواد تولید می‌گردد. آنزیم‌ها یا مخمرهایی که برای تهیه بیواتانول مورد استفاده قرار می‌گیرند، عمل تبدیل نشاسته به قند را انجام می‌دهند. از آنجا که گیاهان دارای مقادیر زیادی نشاسته و سلولز هستند، با استفاده از مخمرهای مناسب می‌توان این مواد را تبدیل به قند کرده و از آن‌ها به صورت مستقیم بیواتانول تهیه کرد [۱، ۲، ۶].

آزمایش‌ها و مطالعات نشان داده‌اند که اتانول با پایه بیولوژیکی (بیواتانول) به تنهایی و یا به صورت مخلوط با بنزین در موتورهای قابل استفاده است. استفاده از الکل، بعنوان سوخت موتورهای درون سوز، به تنهایی یا بصورت مخلوط با دیگر سوخت‌ها، بیشترین توجه را در سال‌های اخیر به خود جلب نموده است. دلیل آن فواید زیست محیطی و اقتصادی دراز مدتی است که الکل سوختی نسبت به سوخت‌های فسیلی دارد. متانول و اتانول برای این منظور مناسب تشخیص داده شده‌اند. در این میان اتانول اهمیت بیشتری دارد زیرا بعنوان یک منبع تجدیدپذیر به آسانی و از مواد آلی همچون دانه‌های گیاهی و یا چغندر قند و

۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲ - دانشیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

... بدست می‌آید. در کشورهای مختلف دنیا اتانول به عنوان یک سوخت تجدیدپذیر مهم مطرح بوده و تولید بیواتانول از مواد گیاهی در کشورهای دنیا رایج شده است. دو کشور برزیل و روسیه تحقیقات خوبی در زمینه بیو الکل یا بیواتانول انجام داده‌اند [۹، ۸، ۷ و ۱۰].

بیواتانول به دست آمده از عملیات تخمیر پس از طی مراحل مختلف و پی در پی تقطیر، به اتانول ۹۶ (حجمی) درجه تبدیل می‌شود. انجام مراحل پی در پی تقطیر، زمان‌بر و هزینه‌بر بوده و مصرف انرژی زیادی می‌طلبد [۱۱ و ۱۲]. جهت کاهش مراحل تقطیر در بیواتانول از روش‌های متعددی استفاده می‌شود. یکی از این روش‌ها استفاده از مایعاتی است که با اضافه شدن به مخلوط آب- اتانول عملیات تقطیر را بهبود می‌بخشند. اما با توجه به اینکه مایعات به‌طور کلی غیر قابل بازیافت بوده و در برخی مواقع در ترکیب محصول نهایی ایجاد اشکال می‌کنند، کمتر مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند. به دنبال آن استفاده از مواد آلی و معدنی جامد به دلیل فواید مشابه و دارا بودن ویژگی بازیافت آن‌ها در این امر بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است [۱۳].

از میان مواد جامد، نمک‌ها به چند دلیل از اهمیت بیشتری برخوردارند که این دلایل به اختصار عبارتند از [۱۴، ۱۵ و ۱۶]:

- نمک‌ها در آب حل شده و در اتانول به ندرت حل می‌شوند.
 - نمک‌ها در انتهای عملیات تقطیر قابل بازیافت بوده و می‌توانند پس از فیلتراسیون، دوباره مورد استفاده قرار بگیرند.
 - نمک‌ها از دسته موادی هستند که به وفور موجود بوده و به راحتی در دسترس هستند.
 - نمک‌ها در محصول نهایی ستون تقطیر ایجاد اشکال نمی‌نمایند.
 - نمک‌ها با حل شدن در آب نقطه جوش آن را افزایش داده و باعث بهتر انجام شدن عمل تقطیر می‌شوند.
 - نمک‌ها توانایی حذف یا کاهش خاصیت آزنوتروپ در مخلوط‌های آزنوتروپ مانند مخلوط الکل‌ها را دارا هستند.
- در سال‌های اخیر در ایران محققان به بررسی تولید و کاربرد بیواتانول سوختی پرداخته‌اند [۳، ۴ و ۵]. بدون شک لازمه استفاده از بیواتانول سوختی در موتورهای درونسوز به صورت مخلوط با بنزین، آگیری از بیواتانول ۹۶ درجه و رسانیدن خلوص آن به بالای ۹۹/۲ درجه است. تکنولوژی آگیری در این قسمت از عملیات تقطیر نیز پیچیده، زمان‌بر، انرژی‌بر و پرهزینه است. از این رو لازم است تا تحقیقات در این زمینه ادامه یافته و نتایج کاربردی حاصل گردد که تحقیق و مقاله حاضر تلاشی در این راستا محسوب می‌شود که به بررسی اثر نمک‌های کلرید بر عملیات تقطیر بیواتانول سوختی در آن پرداخته شده است.

۲- پیشینه تحقیق

در تحقیقی به بررسی اثر ۳ نوع نمک مختلف $LiCl$, $LiBr$, LiI از خانواده نمک‌های لیتیوم بر روی جداسازی اتانول از محلول Ethyl acetate – Ethanol پرداخته شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که با افزودن نمک به محلول فوق فراریت اتانول افزایش یافته که این امر به بهبود عمل تقطیر منجر شده است. همچنین به نسبت افزایش مقدار نمک در محلول، مقدار افزایش فراریت و بهبود عملیات نیز مشاهده گردیده است. با افزودن حتی ۲۰٪ وزنی محلول کلرید لیتیوم، ترکیب آزنوتروپیک محلول از بین نرفته است. این در حالی بوده که با افزودن ۱۵٪ و یا بیشتر نمک برمیدلیتیوم و یدیدلیتیوم ترکیب آزنوتروپیک محلول کاملاً حذف شده است. با این حال، هر سه نمک در بهبود عمل تقطیر موثر بوده‌اند [۱۷].

در تحقیق دیگری به بررسی اثر نمک‌های مختلف بر روی مخلوط آب – اتانول – الکل در دماهای مختلف پرداخته شده است. نمک‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارت بودند از نمک‌های کلرید سدیم، استات سدیم و کلرید کلسیم برای محلول حاوی الکل ۱- بوتانول و نمک‌های کلرید پتاسیم، برمید پتاسیم و سولفات پتاسیم برای محلول حاوی الکل ۱- پنتانول. نتایج تحقیق نشان داد که افزودن نمک‌های سدیم نسبت به نمک‌های پتاسیم، اثر بیشتری بر روی جابه جایی منحنی تقطیر و بهبود

عملیات تقطیر داشته‌اند. همچنین سولفات پتاسیم اثر بسیار کمتری نسبت به باقی نمک‌ها داشته است. اثر دما بر روی جابه جایی منحنی تقطیر بسیار کم و اثر غلظت نمک در محلول بسیار اهمیت داشته است [۱۸].

در تحقیق مشابه دیگری به بررسی اثر نمک بر روی عملیات اتمیزه کردن فراصوتی (Ultrasonic Atomization) محلول آب - اتانول جهت جداسازی آن‌ها پرداخته شده است. ۴ نمک $NaCl, K_2CO_3, (NH_4)_2SO_4, Na_2CO_3$ به محلول اتانول - آب اضافه گردیده و میزان اتمیزه شدن ذرات مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج تحقیق نشان داد که با کاهش غلظت اتانول، میزان اتمیزه شدن آن افزایش یافته است. افزوده شدن نمک‌های $(NH_4)_2SO_4$ و K_2CO_3 تاثیر مطلوبی بر روی اثر اتمیزه شدن اتانول در این روش را نشان داده است. محققان در این مقاله در پایان به این نتیجه اشاره کرده‌اند که ترکیب روش اتمیزه کردن و روش اضافه کردن نمک به محلول آب - اتانول در جداسازی این دو ماده از یکدیگر موثر بوده است [۱۹].

۳- مواد و روش‌ها

برای انجام تحقیق حاضر، تجهیزاتی مورد نیاز بود. این تجهیزات، مواد و روش انجام آزمون‌ها در این قسمت ارائه گردیده است. تصویری از دستگاه تقطیر و متعلقات آن در شکل (۱) و جدول ماتریس آزمایش‌ها در جدول شماره (۱) آورده شده است. در این تحقیق، به بررسی اثر انحلال نمک‌های خانواده کلرید در مخلوط آب - اتانول و بهبود هرچه بیشتر عمل تقطیر اتانول پرداخته شده است. از آنجایی که اتانول بایستی از آب جدا شود، سعی شده است از نمک‌های مرغوب بدون آب در ساختار مولکولی آن‌ها استفاده شود. نمک‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: نمک کلرید کلسیم ($CaCl_2$)، کلرید سدیم ($NaCl$) و کلرید آمونیوم (NH_4Cl). این نمک‌ها به ندرت در اتانول قابل حل می‌باشند در حالی که آن‌ها در آب به خوبی حل می‌شوند. از این نمک‌ها به میزان ۱۰ و ۲۰ گرم در هر ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول مورد استفاده قرار گرفته است. اتانول اولیه مورد استفاده در این آزمایش، دارای غلظت‌های اولیه ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد اتانول بوده‌اند.

دستگاه تقطیر از نوع آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفته است. میزان غلظت اتانول نهایی به وسیله دستگاه چگالی‌سنج و بر اساس مقدار درصد حجمی اتانول بدست آمده است. میزان خطای دستگاه چگالی‌سنج $\pm 0.5\%$ می‌باشد. تمامی آزمایش‌ها در ۳ تکرار انجام گرفته است. ماتریس آزمایش‌ها در جدول (۱) مشاهده می‌شود. آزمون‌ها با استفاده از ۳ نوع نمک کلرید، در ۲ مقدار ۱۰ و ۲۰ گرم و در ۴ سطح غلظت اتانول اولیه ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ انجام گرفته است. مقدار پارامتر نهایی اندازه گیری شده، میزان غلظت نهایی اتانول می‌باشد.



شکل ۱- دستگاه تقطیر آزمایشگاهی.

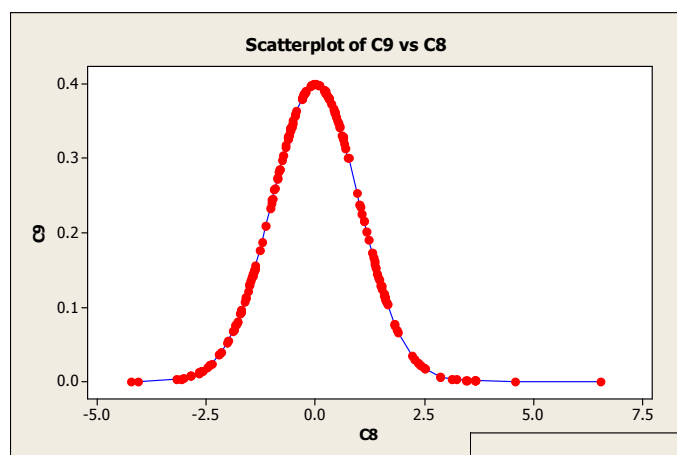
جدول ۱- ماتریس آزمایش‌ها.

پارامترها	سطوح			
	۴	۳	۲	۱
نمک های مورد استفاده	*	NH ₄ Cl	CaCl ₂	NaCl
میزان نمک های مورد استفاده (g)	*	*	۲۰	۱۰
غلظت اتانول اولیه (%)	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰

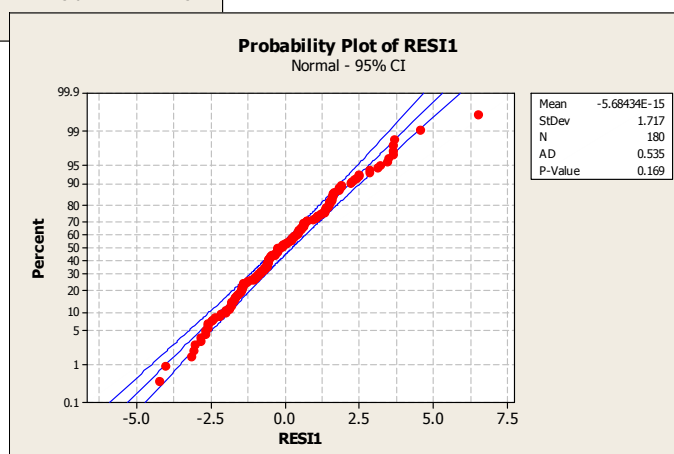
۴- نتایج و بحث

۴-۱- آزمون نرمالیت داده‌ها

پایه و مبنای طرح‌های آزمایش‌ها بر این اساس استوار است که داده‌های مورد استفاده از توزیع نرمال پیروی کنند. برای این منظور در اینجا از آزمون نرمالیت داده‌های خروجی از نرم افزار MiniTab 15 استفاده شد. داده‌ها ابتدا با استفاده از آزمون نرمالیت نرم افزار در سطح ۵٪ مورد آزمایش قرار گرفت و سپس منحنی چگالی احتمال آن رسم شد. با توجه به مقدار P-Value مشاهده شده بیشتر از ۰/۰۵ (۰/۱۶۹) می توان داده‌ها را نرمال فرض کرد. در شکل (۲-الف)، نمودار پراکندگی داده‌ها آورده شده است. در شکل (۲-ب)، دو خط احتمال ۵٪ و ۹۵٪ رسم شده است. تقریباً تمامی داده‌ها در محدوده بین دو خط قرار دارند. این بیانگر نرمال بودن تقریبی داده‌ها می باشد.



(ب)



شکل ۲- آزمون نرمال بودن داده‌ها، الف- نمودار پراکندگی داده‌ها ب- نمودار احتمال نرمال‌یته داده‌ها.

۴-۲- تجزیه واریانس داده‌ها

با توجه به نرمال بودن تقریبی داده‌ها می‌توان به تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح‌های آزمایش پرداخت. مدل مذکور به صورت آزمایش فاکتوریل ۳ عامله در طرح کاملاً تصادفی انجام شده است، به همین دلیل، از این پس تجزیه آماری تمامی داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شده است. در جدول (۲) واژه‌های به کار رفته در انجام طرح آماری نشان داده شده‌اند.

جدول ۲- واژه‌های به کار رفته در انجام طرح آماری.

واژه بکار رفته در خروجی ها	مفهوم واژه در مدل اصلی
FirstA	مقدار اتانول مصرفی اولیه
KS	نوع نمک مصرفی
MS	مقدار نمک مصرفی
FinalA	مقدار اتانول نهایی بدست آمده

همچنین نتایج تجزیه واریانس در جدول (۳) و آمار توصیفی فاکتورهای مورد استفاده در طرح آزمایشی در جدول‌های (۴-۶) نشان داده شده است. این جدول‌ها نشان‌دهنده میزان پراکندگی داده‌ها و همچنین تعداد و میانگین داده‌ها در هر فاکتور می‌باشند.

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس.

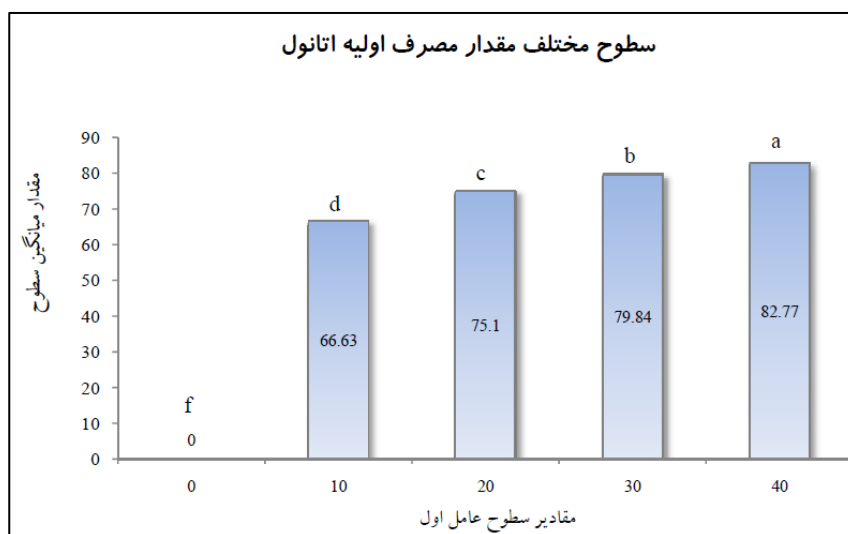
منابع تغییر	مجموع مربعات SS	df	میانگین مربعات MS	Fs
تیمار	۱۷۳۰۹۴/۴	۵۹	۲۹۳۳/۸	۳۶۳۴۶۹ **
FirstA (درصد اتانول اولیه)	۱۷۲۱۱۶/۵۶	۴	۴۳۰۲۹/۱۴	۵۳۳۰۸/۸۷ **
MS (مقدار نمک)	۳۱۸/۸۶	۲	۱۵۹/۴۳	۱۹۷/۵۲ **
KS (نوع نمک)	۲۲۰/۲۹	۳	۷۳/۴۳	۹۰/۹۷ **
MS*FirstA	۱۳۰/۲۴	۸	۱۶/۲۸	۲۰/۱۷ **
KS*FirstA	۱۱۴/۲۸	۱۲	۹/۵۲	۱۱/۸۰ **
MS*KS	۱۲۳/۶۷	۶	۲۰/۶۱	۲۵/۵۴ **
KS*MS*FirstA	۷۰/۴۹	۲۴	۲/۹۴	۳/۶۴ **
Error	۹۶/۸۶	۱۲۰	۰/۸۱	
Total	۱۷۳۱۹۱/۲۶	۱۷۹		

نتایج تحقیق با استفاده از داده‌های جدول‌ها نشان می‌دهد که تمامی عامل‌ها در سطح ۹۹٪ اختلاف معنی داری از نظر آماری دارند (مقدار Sig. برابر ۰/۰۰ برای همه عامل‌ها می‌باشد) که با آزمون F مشخص می‌شود. بنابراین هم عامل اول (مقدار اتانول اولیه مصرفی) و هم عامل‌های دوم و سوم (نوع و مقدار نمک مصرفی) و همچنین اثر متقابل عامل‌ها همگی اختلاف معنی داری را در مقدار نهایی اتانول بدست آمده ایجاد کرده‌اند. با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، اختلاف معنی داری

بین میانگین‌های عوامل و همچنین اثر متقابل آن‌ها وجود دارد. بنابراین افزایش یا کاهش هر کدام از این عوامل به تنهایی و بطور متقابل تاثیر دو عامل یا سه عامل همزمان باعث ایجاد تغییرات معنی داری در مقدار نهایی اتانول می شود. جهت بررسی تاثیر هر کدام از عوامل به تنهایی در مقدار نهایی اتانول تولید شده، با توجه به جدول‌های آمار توصیفی مربوط به هر عامل (جدول ۴)، آزمون‌های مقایسه میانگین توسط نرم افزار SPSS بر روی سطوح مختلف هر عامل انجام شد. شکل ۳ نشان می‌دهد که با افزایش مقدار غلظت اتانول اولیه مقدار غلظت اتانول ثانویه نیز به نسبت افزایش می‌یابد. از این نمودار می‌توان دریافت که در هر نسبتی از غلظت اتانول اولیه، استفاده از نمک در مخلوط آب- اتانول به بهبود عملیات تقطیر منجر خواهد شد. البته با دقت در نمودارهای مقادیر میانگین سطوح برای عامل اول، می‌توان به این نتیجه رسید که در غلظت- های کمتر اتانول اولیه، استفاده از نمک بیشتر مثر و واقع خواهد شد و این تاثیر با افزایش غلظت اتانول اولیه به نسبت کاهش خواهد یافت.

جدول ۴- آمار توصیفی عامل اول

FirstA	میانگین	انحراف معیار	تعداد آزمایش
۰	۰	۰	۳۶
۱۰	۶۶/۶۳۸۹	۳/۷۹۰۵۴	۳۶
۲۰	۷۵/۱	۲/۹۴۱۹۱	۳۶
۳۰	۷۹/۸۴۷۲	۲/۳۹۷۲	۳۶
۴۰	۸۲/۷۷۷۸	۱/۳۹۱۴۲	۳۶
کل	۶۰/۷۸۲۸	۳۱/۱۰۵۴۵	۱۸۰

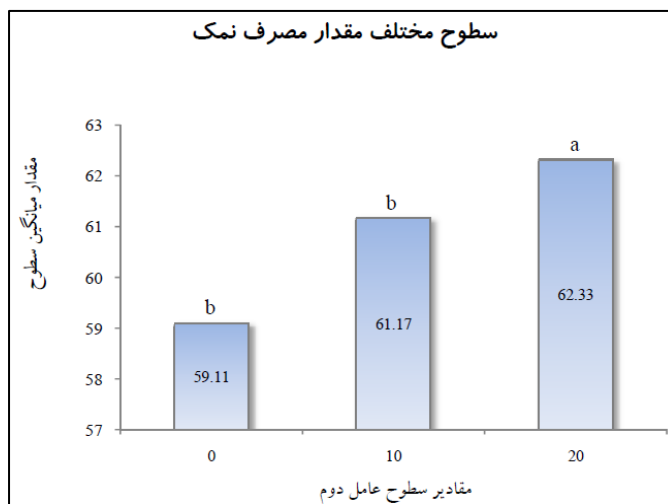


شکل ۳- نمودار مقدار میانگین سطوح برای مقادیر غلظت اتانول اولیه.

در شکل (۴) رابطه میان مقادیر میانگین سطوح مختلف و مقادیر عامل دوم (مقدار نمک مورد استفاده در آزمایش) نشان داده شده است. از نمودارهای این شکل می‌توان دریافت که استفاده از هر دو مقدار ۱۰ و ۲۰ گرم نمک در مخلوط با شاهد تفاوت معنی دار داشته و در نتیجه استفاده از نمک به افزایش میزان غلظت اتانول نهایی منجر گردیده است. البته واضح است که با افزایش مقدار نمک مصرفی مقدار غلظت اتانول نهایی نیز افزایش یافته است. پس می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از نمک به میزان ۲۰ گرم در محلول‌های آب - اتانول موثرتر بوده است.

جدول ۵- آمار توصیفی عامل دوم

MS	میانگین	انحراف معیار	تعداد آزمایش
۰	۵۹/۱۱۳۳	۳۰/۴۳۶۷۹	۶۰
۱۰	۶۱/۱۷۳۳	۳۱/۳۸۷۸۷	۶۰
۲۰	۶۲/۳۳۱۷	۳۱/۹۱۳۰۶	۶۰
کل	۶۰/۷۸۲۸	۳۱/۱۰۵۴۵	۱۸۰

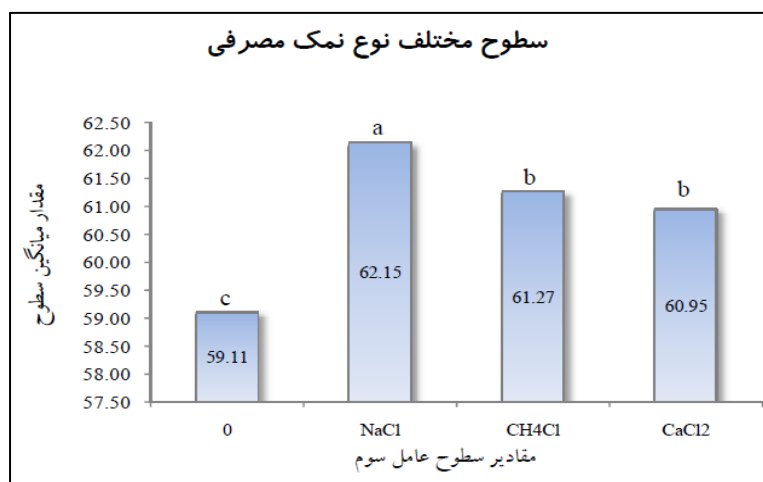


شکل ۴- نمودار مقدار میانگین سطوح برای مقادیر عامل مقدار نمک مصرفی.

در شکل (۵) رابطه میان مقادیر میانگین سطوح مختلف و مقادیر عامل نوع نمک مصرف شده نشان داده شده است. در نمودارهای این شکل نیز مشاهده می‌شود که استفاده از هر سه گروه نمک موجود در افزایش مقدار غلظت نهایی اتانول تاثیر مثبت داشته است. در این نمودارها مشاهده می‌شود که بین گروه نمک CaCl_2 و NH_4Cl از نظر آماری اختلافی نبوده است اما این دو نمک با شاهد و نمک NaCl تفاوت معناداری دارند. پس با توجه به این نمودارها نمک NaCl مناسبترین نمک از میان دیگر نمک‌های مورد استفاده بوده است. با این حال دو نمک CaCl_2 و NH_4Cl نیز با بهبود نتایج مقادیر اتانول نهایی می‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند.

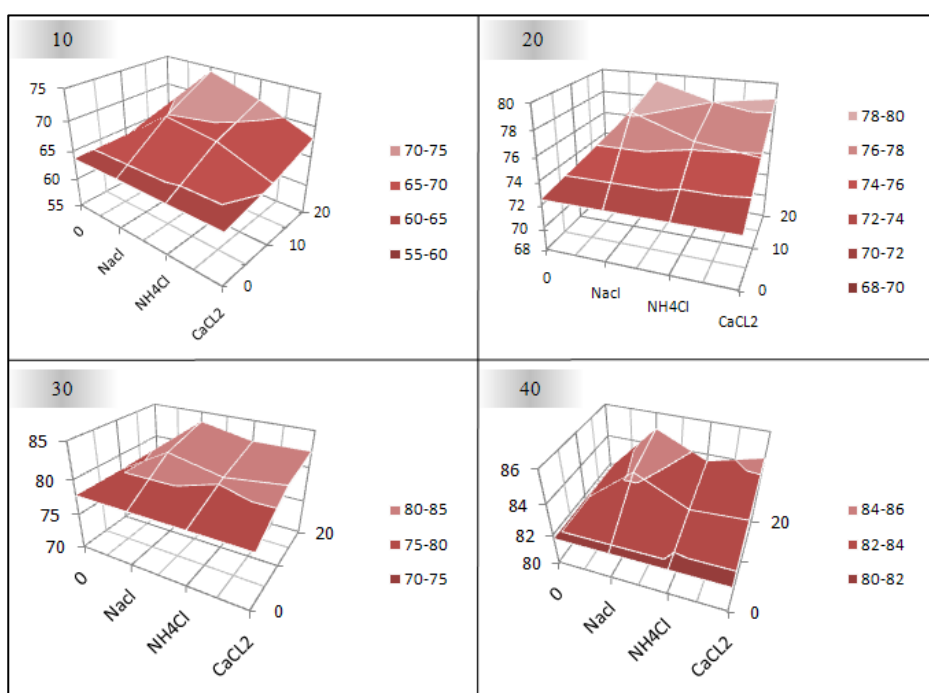
جدول ۶- آمار توصیفی عامل سوم

KS	میانگین	انحراف معیار	تعداد آزمایش
۰	۵۹/۱۱۳۳	۳۰/۵۲۳۱۴	۴۵
Nacl	۶۲/۱۵۱۱	۳۱/۹۴۱۲۱	۴۵
NH4cl	۶۱/۲۷۱۱	۳۱/۴۶۲۰۷	۴۵
CaCl2	۶۰/۹۵۵۶	۳۱/۴۵۴۶۳	۴۵
کل	۶۰/۷۸۲۸	۳۱/۱۰۵۴۵	۱۸۰



شکل ۵- نمودار مقدار میانگین سطوح برای مقادیر عامل نوع نمک مصرفی.

جهت بررسی اثر متقابل سطوح مختلف عامل‌ها در مقدار خروجی نهایی اتانول، نمودارهایی در سطوح یکسان یک عامل نسبت به دو عامل دیگر رسم گردید. با بررسی شیب و روند تغییرات این نمودارها در عاملی که سطوح آن یکسان در نظر گرفته شده است تأثیرات متقابل دو عامل دیگر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج بدست آمد. در این راستا، شکل (۶)، اثر متقابل عامل دوم (نوع نمک مصرفی) و عامل سوم (مقدار نمک مصرفی) بر روی مقدار خروجی اتانول در سطوح یکسان عامل اول (مقدار اتانول مصرفی اولیه) را نشان می‌دهد.

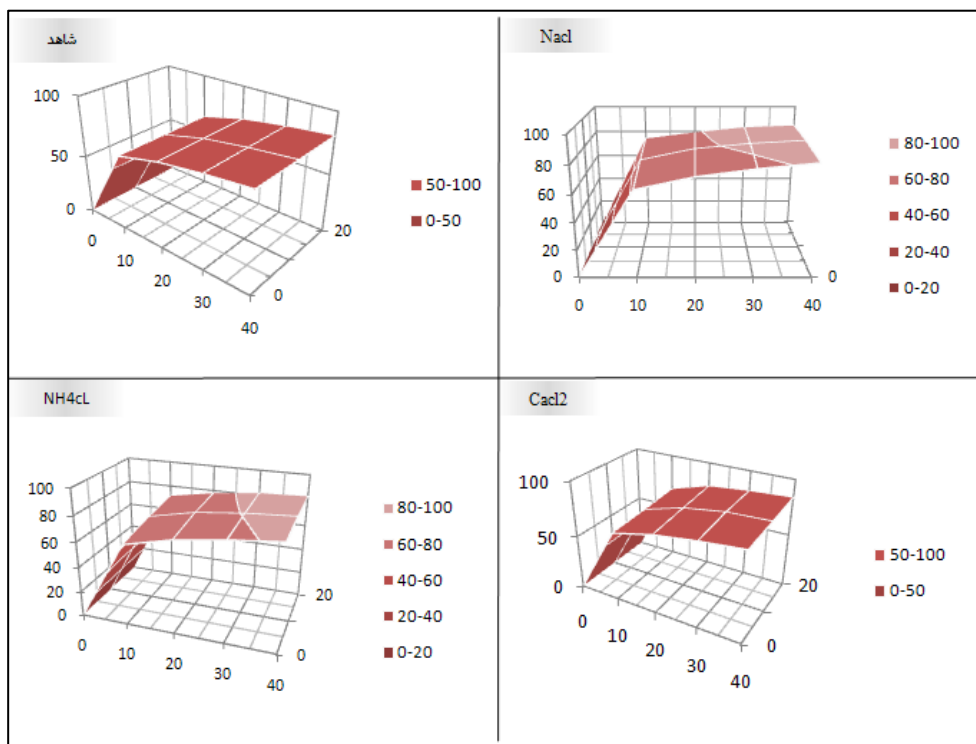


شکل ۶- مقادیر اتانول خروجی در سطوح مختلف عامل اول.

با توجه به روند کلی نمودارهای سه بعدی، با افزایش مقدار اتانول مصرفی اولیه، مقدار اتانول اندازه گیری شده در انتهای هر آزمایش بدون توجه به دو عامل دیگر افزایش یافته است (به مقدار قله های نمودارها نگاه کنید) که همین امر نیز انتظار می‌رفته است. در مقدار اولیه اتانول ۱۰، با استفاده از نمک NaCl و مقدار ۲۰، مقدار اتانول خروجی بهینه می‌شود. در مقدار اولیه اتانول ۲۰، ۳۰ و ۴۰ یک روند کلی برای مقادیر مشاهده می‌شود به این ترتیب که برای بهینه کردن مقدار خروجی باید از نمک NaCl و بدون توجه به مقدار مصرفی آن (۱۰ یا ۲۰) استفاده شود. بجز مقادیر خروجی در مقدار اولیه ۱۰، بقیه سطوح این عامل روند تقریباً یکسانی در استفاده از نمک‌ها را دارند بدین صورت که نمک NaCl باعث افزایش مقدار خروجی و نمک NH4Cl باعث کاهش این مقدار می‌گردد. بنابراین، توصیه می‌شود حتی المقدور از این نمک در آزمایش‌ها استفاده نشود.

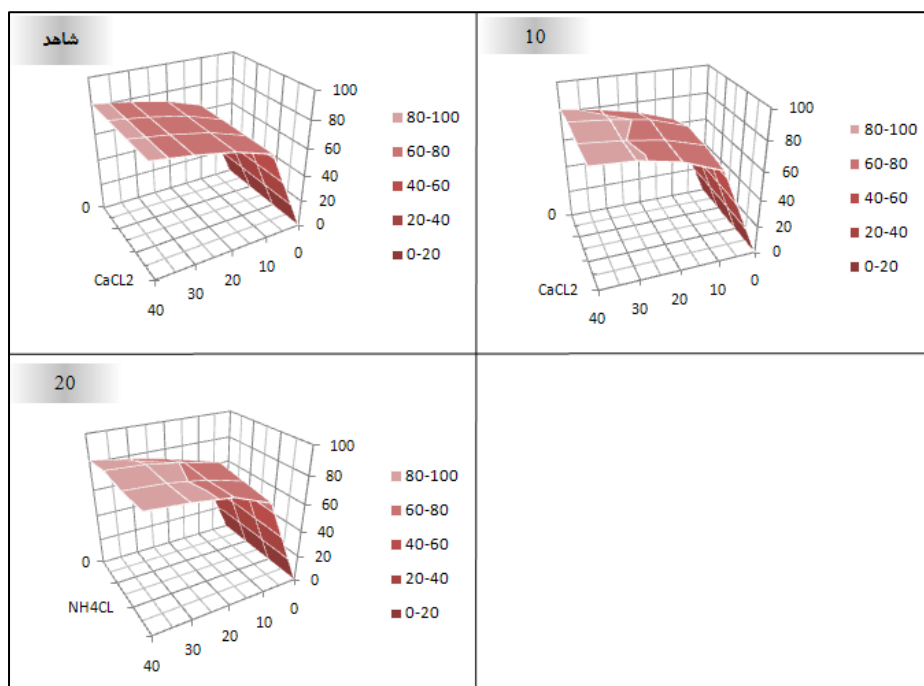
شکل ۷، اثر متقابل عامل اول (مقدار اتانول مصرفی اولیه) و عامل سوم (مقدار نمک مصرفی) بر روی مقدار خروجی اتانول در سطوح یکسان عامل دوم (نوع نمک) را نشان می‌دهد. در این حالت نیز با توجه به روند کلی نمودارهای سه بعدی با افزایش مقدار اتانول مصرفی اولیه، مقدار اتانول اندازه گیری شده در انتهای هر آزمایش بدون توجه به دو عامل دیگر افزایش یافته

است. همچنین نتایج نشان می دهد که با استفاده از نمک NaCl، مقدار اتانول خروجی بهینه می شود. برای بهینه کردن مقدار خروجی باید از نمک NaCl و بدون توجه به مقدار مصرفی آن (۱۰ یا ۲۰) استفاده کرد (لازم است به خط شکست نمودار در هر سه نمک دقت شود).



شکل ۷- مقادیر اتانول خروجی در سطوح مختلف عامل دوم.

شکل ۸، اثر متقابل عامل اول (مقدار اتانول مصرفی اولیه) و عامل دوم (نوع نمک مصرفی) بر روی مقدار خروجی اتانول در سطوح یکسان عامل سوم (مقدار نمک مصرفی) را نشان می دهد.



شکل ۸- مقادیر اتانول خروجی در سطوح مختلف عامل سوم.

با توجه به روند کلی نمودارهای سه بعدی با افزایش مقدار اتانول مصرفی اولیه، مقدار اتانول اندازه گیری شده در انتهای هر آزمایش بدون توجه به دو عامل دیگر در این حالت نیز افزایش یافته است (با توجه به شیب افزایشی نمودارها) که همین امر نیز انتظار می رفته است. در حالتی که اثر عامل سوم یعنی مقدار نمک مصرفی مد نظر قرار نگیرد، مشاهده می شود که نوع نمک مورد استفاده تاثیری بر مقدار اتانول خروجی ندارد. یعنی در مقدار مصرف نمک یکسان فرقی ندارد که از چه نمکی استفاده شود. هرچه باشد باعث افزایش در مقدار اتانول خروجی می گردد.

۵- نتیجه گیری

نتایج نهایی این تحقیق به صورت اجمالی به شرح زیر می باشند:

- ۱- استفاده از نمک تاثیر مشخصی بر روی بهبود عملیات تقطیر داشته است و برای کاهش تعداد دفعات تقطیر اتانول پیشنهاد می گردد.
- ۲- در سطوح مختلف عامل اول (مقدار مصرف اولیه اتانول)، اختلاف معنی داری از نظر آماری بین تمام سطوح مشاهده شد که مقدار سطح ۴۰ بیشترین اختلاف میانگین با شاهد را داشت.
- ۳- در سطوح مختلف عامل دوم (مقدار مصرف نمک) نیز اختلاف معنی داری از نظر آماری بین تمام سطوح مشاهده شد که مقدار سطح ۲۰ بیشترین اختلاف میانگین با شاهد را داشت.
- ۴- در سطوح مختلف عامل سوم (نوع نمک مصرفی) هر سه گروه نمک با گروه شاهد از نظر آماری اختلاف معنی داری را داشتند. بین گروه CaCl_2 و NH_4Cl اختلاف معنی داری مشاهده نشد و همین دو گروه اختلاف معنی داری را با گروه NaCl و شاهد داشتند. بنابراین توصیه می شود از بین نمک های مورد نظر، نمک NaCl استفاده گردد. ترجیحاً از بین دو نمک CaCl_2 و NH_4Cl یکی استفاده شود.

مراجع

- ۱- نفت، گاز، پتروشیمی، شماره ۳۷، ۶۷-۱۳۸۳، ۶۶.
- ۲- کهریزی، الف، " تولید الکل از ضایعات لیگنوسلولوزی به روش آبکافت و تخمیر همزمان"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۲.
- ۳- رحیمی، ه، "بررسی عملکرد موتور دیزل با استفاده از بیوفیول"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۴.
- ۴- کهریزی، الف، "تولید الکل از ضایعات لیگنوسلولوزی به روش آبکافت و تخمیر همزمان"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۳.
- ۵- کیانی ده کیانی، م، "بررسی تعادل گرمایی یک موتور احتراق داخلی با استفاده از ترکیبات سوخت بنزین- بیواتانول"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۶.
- 6- Anonymous, "New Enzyme for More Efficient Corn Ethanol Production", Proceeding of Green Car Congress, 2005.



FCCI2010-110

سومین کنفرانس سوخت و احتراق ایران تهران - دانشگاه صنعتی امیرکبیر - اسفند ماه ۱۳۸۸



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
دانشکده مهندسی هوافضا

- 7- Weber, E., "Effect of ethers and ether/ethanol additives on the physicochemical properties of diesel fuel and on engine tests", Fuel, Vol. 85, pp. 815-822, 2006.
- 8- Dong, X., and Ulgiati, S., "Energy and eMergy evaluation of bioethanol production from wheat in Henan Province", China. Energy Policy, Vol. 36, pp. 3882-3892, 2008.
- 9- Cardona, C., and Sanchez, O., "Fuel ethanol production: process design trends and integration opportunities", Bioresource Tech, vol. 98, pp. 2415-2457, 2007.
- 10- Balat, M., "Progress in bioethanol processing", Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 34, pp. 551-573, 2008.
- 11- [Online]. Available from:
http://www.journeytoforever.org/biofuel_library/ethanol_manual/ [Accessed 3 march 2008]
- 12- Mathewson, S.W., *The Manual for the Home and Farm Production of Alcohol Fuel*, Chapter 11, 1980.
- 13- Gil, I.D., Uyazan, A.M., Aguilar, J.L., Rodriguez, G., and Caicedo, A., "Separation of ethanol and water by extractive distillation with salt and solvent as entrainer", Brazilian Journal of Chemical Engineering, Vol. 25, pp. 207-215, 2008.
- 14- Perry, R., *Chemical Engineers Handbook*. 7th Edition, 1992.
- 15- Black, C., and Distler, D.E., "Dehydration of aqueous ethanol mixture by extractive distillation", Advances in Chemistry Derries, Vol. 115, pp. 1-15, 1972.
- 16- Gomis, V., Ruiz, F., Boluda, N., and Saquete, M.D., "Salt effect in extraction of ethanol from Aqueous solution", Industrial & Engineering Chemistry Research, Vol. 37, pp. 599-603, 1998.
- 17- Anzar, M., Arajo, R., and Romanato, J., "Salt effects on Liquid-Liquid Equilibrium in water-ethanol-alcohol-salt system", Chemical Engineering Data, Vol. 45(6), pp. 1055-1059, 2000.
- 18- Santos, F., Avila, S., and Aznar, M., "Salt effect on liquid-liquid equilibrium of water + 1-butanol + acetone system", Fluid Phase Equilibria, Vol. 187, pp. 265-274, 2001.
- 19- Hamai, K., Takenaka, N., and Nanzai, B., "Influence of adding salt on ultrasonic atomization in an ethanol-water solution", Ultrasonic Sonochemistry, Vol. 16, pp. 150-154, 2009.