

## تشخیص تقلبات آبلیموی صنعتی در آبلیموی طبیعی با استفاده از آنالیز خواص فیزیکوشیمیایی آبلیمو و روش های آماری

سجاد پیرسا<sup>۱\*</sup>، محمد علیزاده<sup>۲</sup>، نسرين فرجی<sup>۳</sup>، سهیلا فرجی<sup>۴</sup>

- ۱- استادیار و عضو هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
  - ۲- دانشیار و عضو هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
  - ۳- دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
  - ۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه ورامین
- (تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۲۷)

### چکیده

در این تحقیق روشی برای اندازه گیری تقلبات استفاده شده در آبلیموی طبیعی با استفاده از روش آنالیز آماری و اندازه گیری برخی خواص فیزیکوشیمیایی آبلیمو شامل اسیدیته، pH، اندیس فرمالین و خاکستر ارائه شده است. اثر سه فاکتور متغیر درصد آبلیموی صنعتی، درصد آبلیموی طبیعی و مدت زمان نگهداری آبلیمو بر روی خواص فیزیکوشیمیایی آبلیمو بررسی شد. طرح آماری مرکب بهینه<sup>۱</sup> برای طراحی آزمایشات مربوط به اندازه گیری خواص فیزیکوشیمیایی آبلیمو استفاده شد. نتایج بدست آمده با استفاده از روابط خطی و تست های آماری بررسی و آنالیز شد. نتایج بدست آمده نشان داد که ارتباط خطی مناسبی بین درصد آبلیموی صنعتی، درصد آبلیموی طبیعی و زمان نگهداری با خواص فیزیکوشیمیایی آبلیمو وجود دارد. بنابراین روش ارائه شده روش مناسبی برای تعیین تقلبات آبلیموی طبیعی بوسیله آنالیز آماری خواص فیزیکوشیمیایی آبلیمو می باشد.

**کلید واژگان:** آبلیمو، تقلب یابی، خواص فیزیکوشیمیایی، طرح آماری مرکب بهینه، آنالیز رگرسیون خطی

\*مسئول مکاتبات: pirs7@gmail.com

## ۱- مقدمه

آب لیمو طبیعی در درمان بسیاری از بیماری‌ها مانند زخم معده، درمان یبوست، اختلالات ادراری و غیره تأثیر مستقیم دارد و اگر بصورت غیر طبیعی تهیه گردد یا افزودنی‌های سنتزی و شیمیایی به آن اضافه شود نه تنها خواص درمانی و غذایی ندارد بلکه موجب بسیاری از بیماری‌ها از جمله سرطانهای مختلف، سیروز کبدی و بیماریهای کلیوی و بسیاری دیگر از بیماری‌ها می‌گردد [۱ و ۲]. مهمترین ویژگی آلبیمو که باید به آن توجه شود رنگ طبیعی آلبیموست که زرد یا زرد کهربائی است. سایر ویژگی‌های آلبیمو از جمله طعم طبیعی لیمو که ترشی مایل به کمی تلخی که ناشی از اسانس‌های موجود در پوست به مقدار ۰/۵ گرم در لیتر است می‌باشد. اسانس‌های روغنی موجود در پوست که موقع آب‌گیری وارد آلبیمو می‌گردد خواص ضد عفونی‌کننده زیاد داشته و مانند حفاظی ویتامین ث موجود در آنرا حفظ می‌کند. از دیگر مشخصات یک آلبیمو طبیعی بوی آن است که باید دارای بوی طبیعی لیمو ترش باشد. خاصیت دیگر مواد جامد محلول در آن بوده که حداقل باید ۸ گرم در لیتر و مقدار حداکثر ندارد و وابسته به کیفیت لیمو و طبیعی بودن آلبیمو می‌باشد. مقداری نیز که در ته ظرف ته نشین می‌گردد بواسطه خاصیت سوسپانسیونی آلبیمو کاملاً طبیعی است و از لحاظ استاندارد تا ۵ درصد مجاز است [۴-۱]. آلبیمو یکی از محصولات طبیعی است که احتمال تقلب در آن بسیار زیاد است. برخی تولیدکنندگان متقلب درصدی آلبیمو طبیعی را با جوهر لیمو یا اسیدسیتریک، رنگ‌های خوراکی و آب مخلوط می‌کنند و به عنوان آلبیمو خالص به فروش می‌رسانند. حال اگر درصد یکی از مواد به کار رفته در آلبیمو همچون آب، اسید، اسانس لیمو یا نمک افزوده شده زیادتر از دیگر ترکیبات باشد آلبیمو تولیدی آن طعم را بیشتر نشان داده و این همان عاملی است که موجب تفاوت طعم در آلبیموها می‌شود. اما تلخی برخی آلبیموها گاهی به دلیل فشار به پوست لیمو در زمان آبگیری است که امکان دارد آلبیمو را تلخ کند و هیچ ضرری برای سلامت ندارد و نشان دهنده تقلبی بودن محصول نیست، اما محصولاتی که از آلبیمو خالص تهیه نشده باشد نوعی تخلف و تقلب محسوب می‌شود [۵-۸]. رشد سریع و بی‌رویه محصولات نامعتبر که اغلب به صورت غیر استاندارد

تولید می‌شود، ممکن است از سوی ناظران بهداشتی شناسایی نشود و توسط مصرف‌کننده استفاده شده باشد. استفاده از آلبیموهای تقلبی مشکلات شدید گوارشی ایجاد کرده و باعث تخریب مینای دندان می‌شود.

در برخی کارخانه‌ها در مراحل پایانی تولید، ویتامین C را به طور مصنوعی به آلبیمو می‌افزایند که با ویتامین C طبیعی، قابل مقایسه نیست. در ضمن به دلیل آن که برای حفظ رنگ، طعم و جلوگیری از کپک زدگی آلبیمو از مواد نگهدارنده استفاده می‌شود. برخی آلبیموها حاوی سدیم مخفی بوده و برای مبتلایان به پرفشاری خون محدودیت مصرف دارد [۹-۶].

لیمو حاوی آنزیم‌های زیادی است که یکی از آنها باعث ته نشین شدن پالپ لیمو در آلبیمو می‌شود. از آنجا که این آنزیم در صنعت در فرآیندهای حرارتی غیرفعال می‌شود اغلب آلبیموهای صنعتی ته نشین نمی‌شود و اگر هم درصدی ته نشین شود برای جلب نظر مشتری به آن پالپ لیمو می‌افزایند و این موضوع در مورد آلبیموهای تقلبی هم صدق می‌کند. اما در آلبیمو خانگی چون فرآیند حرارتی انجام نمی‌گیرد و آنزیم فعال است، پالپ لیمو بعد از مدتی ته نشین و آلبیمو دو فاز می‌شود. بر این اساس ته نشین شدن یا یکنواخت بودن آلبیمو ملاک درستی برای ارزیابی کیفیت یا مرغوبیت آلبیمو نیست [۷-۳].

امروزه انجام تقلبات در آلبیمو پیشرفته تر شده است از جمله می‌توان به اضافه کردن سیترات سدیم، اسید سیتریک، گلیسرین و اسانسهای متعدد اشاره کرد. حتی در بعضی از مواقع تقلبات در آلبیمو به حدی پیشرفت کرده که به جای فرآورده طبیعی از فرآورده‌های کاملاً سنتتیک استفاده می‌شود. روش‌های متعددی برای بررسی تقلبات در آلبیمو استفاده می‌شود. به عنوان مثال در روش اسپکتروفتومتری میزان ترکیبات پلی‌فنلی کل و اسیدهای آمینه کل و در روش پلاریمتری چرخش نوری اسید مالیک اندازه‌گیری می‌شود. آنالیزهایی که در استاندارد ویژگی‌های لیمو ترش و روش آزمون آب میوه جات استاندارد وجود دارد (آزمون‌های بریکس، اسیدیته، اندیس فرمالین، انیدرید سولفور، ماده خشک و pH) بدون استفاده از روش‌های آماری دقیق جوابگوی کشف تقلبات نمی‌باشد و برای کشف تقلبات آلبیمو استفاده دقیق از روش‌های آماری به همراه آزمون‌های فوق‌اساسی می‌باشد [۱۱-۴].

پاستوریزه شدند و در مرحله بعد تا دمای ۳۰ درجه سانتی گراد سرد شده و در نهایت در سردخانه نگهداری شدند.

## ۲-۲- روش های آزمون های مختلف

### ۲-۲-۱- اندازه گیری اسیدیته

اسیدیته قابل تیترا نمونه ها مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ طی مدت نگهداری با تیتراسیون نمونه ها با استفاده از محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال در حضور فنل فتالین اندازه گیری شد. حجم مصرفی سود را یادداشت نموده و نتیجه بر حسب اسیدسیتریک در ۱۰۰ گرم نمونه بیان شد. اسیدیته طبق معادله ۱ محاسبه گردید.

$$\text{Acidity} = N \times 0.064 \times 100 / S$$

N: سود مصرفی بر میلی لیتر؛ S: مقدار نمونه

### ۲-۲-۲- اندازه گیری pH

pH نمونه های آبلیمو با استفاده از pH متر (مدل WTW، آلمان) مطابق استاندارد ملی ایران (شماره ۲۶۸۵) در طی نگهداری اندازه گیری شد. ابتدا دستگاه pH متر به ترتیب با محلول تامپون ۴، ۷ و ۹ کالیبره گردید و سپس pH نمونه ها اندازه گیری شد.

### ۲-۲-۳- اندازه گیری مواد جامد محلول

اندازه گیری مواد جامد محلول توسط رفراکتومتر بر حسب درجه بریکس در دمای ۲۰ C° مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۸۵ انجام شد. روش اجرای آزمایش بریکس به این صورت است که دستگاه رفراکتومتر ابتدا با استفاده از آب مقطر کالیبره شد، سپس چند قطره از آب میوه روی منشور دستگاه قرار داده شد و بریکس آب میوه قرائت گردید. نتیجه بر حسب گرم مواد جامد محلول در ۱۰۰ گرم نمونه بیان شد.

### ۲-۲-۴- آزمون خاکستر

آزمون خاکستر مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۸۵ بر روی نمونه های آبلیموی تولیدی انجام شد.

### ۲-۲-۵- آزمون عدد فرمالین

اسید آمینه موجود در آب میوه در مجاورت فرمالین خنثی با مواد قلیایی تیترا می شود. عدد فرمالین را می توان به دقت به روش

در این تحقیق با استفاده آزمون های مربوط به بررسی تقلبات آبلیمو از جمله آزمون های بریکس، اسیدیته، اندیس فرمالین، خاکستر و pH با استفاده از روش های آماری و آنالیز رگرسیون چند متغیره وجود تقلبات آبلیموی صنعتی در آبلیموی طبیعی شناسایی و اندازه گیری شده است. بدین منظور از طرح آزمایش آماری مرکب بهینه استفاده شده است. نمونه های آبلیموی طبیعی مخلوط شده با آبلیموهای صنعتی (تهیه شده از بازار) با درصد های مخلوطی ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تهیه گردیده و در مدت زمان ۶ ماه (روز اول، ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰) بوسیله آزمون های ذکر شده در فوق مورد بررسی قرار گرفت.

## ۲- مواد و روش ها

برای انجام تیتراسیون های اسیدی و اندیس فرمالین برای یافتن اسیدیته و اندیس فرمالین نمونه های آبلیمو، هیدروکسید سدیم، شناساگر فنل فتالین و فرمالدئید خنثی از شرکت سیگما خریداری شدند.

رفراکتومتر (مدل Atago-Atc-20 ساخت کشور ژاپن) برای اندازه گیری مواد جامد محلول استفاده گردید.

بوته چینی، کوره الکتریکی، حمام آب گرم، ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۰۱ و دسیکاتور برای آزمون های خاکستر استفاده شد.

دستگاه pH متر (مدل WTW ساخت کشور آلمان) برای بررسی pH نمونه های آبلیموی تهیه شده استفاده گردید.

در تمامی آزمایشات برای محلول سازی، تیتراسیون و غیره از آب دوبار تقطیر استفاده گردید.

## ۲-۱- تهیه آبلیموی طبیعی

لیموهای تازه تهیه شده پس از جداکردن برگ ها شست شو شدند و توسط چاقو به دو تکه تقسیم شدند و سپس توسط دستگاه آبمیوه گیری دستی آبمیوه از آنها خارج شد و چون آبلیمو به همراه لرد می باشد با استفاد از صافی های متعددی مقدار زیادی از لرد گرفته شد. آبلیمو وارد مخزن هموژناسیون آزمایشگاهی شده که بر اثر فشارباقی مانده لردها شکسته شده و همگن می شود و هیچ فازی به جز فاز مایع در این مرحله وجود ندارد. سپس در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد تحت تاثیر حرارت

## ۲-۳- طرح آماری

برای بررسی اثر درصد تقلب آبلیموی صنعتی در ویژگی های آبلیموی طبیعی و نیز اثر زمان در ویژگی های آبلیمو از طرح آماری مرکب بهینه استفاده شد. هدف از طراحی این آزمایش بررسی اثر درصد آبلیموی صنعتی، درصد آبلیموی طبیعی و زمان نگه داری نمونه آبلیمو در ویژگی های آبلیمو از جمله بریکس، اسیدیته، اندیس فرمالین، خاکستر و pH و بدست آوردن رابطه ای بین درصد تقلب و ویژگی های آبلیمو جهت پیدا کردن تقلب آبلیموی صنعتی در آبلیموی طبیعی می باشد. سه متغیر مستقل شامل درصد آبلیموی طبیعی (F<sub>1</sub>)، درصد آبلیموی صنعتی (F<sub>2</sub>) و زمان نگه داری (F<sub>3</sub>) در پنج سطح مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس طراحی صورت گرفته ۱۹ آزمایش به صورت تصادفی انجام گرفت. سطح هر یک از فاکتورهای مستقل بر اساس آزمایش های اولیه مشخص شد. برای هر یک از دو متغیر مورد مطالعه یک سطح بالا (با کد +۲) و یک سطح پائین (با کد -۲) در نظر گرفته شد. اطلاعات مربوط به سطح هر یک از متغیرها در جدول ۱ نشان داده شده است.

تیتراسیون پتانسیومتری به دست آورد (استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۸۵).

۲۵ میلی لیتر آب میوه یا معادل آن کنسانتره به یک بشر منتقل گردید. یک عدد مگنت داخل بشر قرار گرفت و بشر روی هم زن مغناطیسی قرار داده شد و در حال به هم زدن، تا رسیدن به pH=۸/۱ هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال قطره قطره به آن اضافه شد. سپس ۱۰ میلی لیتر محلول فرمالدئید خنثی در حال به هم زدن به آن اضافه شد و به مدت یک دقیقه با هم مخلوط گردید. سپس تا رسیدن به pH= ۸/۱ هیدروکسید سدیم ۰/۲۵ نرمال قطره قطره به آن اضافه گردید. حجم هیدروکسید سدیم ۰/۲۵ نرمال مصرفی ثبت شده و با استفاده از معادله ۲ فرمالین نمونه محاسبه گردید.

$$F = V \times N \times 10 \times 100 / V_0$$

معادله ۲:

V: حجم مصرفی هیدروکسید سدیم بر حسب میلی لیتر؛ N: نرمالیه هیدروکسید سدیم مصرفی برای خنثی کردن مخلوط آزمون و فرمالدئید؛ V<sub>0</sub>: حجم نمونه مورد آزمون بر حسب میلی لیتر

**Table 1** The Variables and Values Used for D-Optimal Combined Design (DOCD)

Variable Name	Coded factor levels				
	(low) -2	-1	0	+1	(high) +2
F1: (OLJ %) *	0	25	50	75	100
F2: (ILJ %) **	0	25	50	75	100
F3: storage time (month)	0	1.5	3	4.5	6

\*organic lime juice (OLJ) percent and \*\*Industrial lemon juice (ILJ) percent

افزار Design Expert-7 بدست آمده اند. در این جدول طرح آماری ارائه شده با سه فاکتور متغیر (درصد آبلیموی طبیعی، درصد آبلیموی صنعتی و زمان نگه داری نمونه) در پنج سطح و پاسخ های بدست آمده گزارش شده است. پاسخ های بدست آمده شامل ۱- اسیدیته، ۲- pH، ۳- بریکس، ۴- خاکستر و ۵- اندیس فرمالین می باشد.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- طراحی آزمایش

بر اساس مدل آماری ارائه شده در این تحقیق فهرست آزمایش های انجام شده بر اساس مدل مرکب بهینه به صورت مقادیر واقعی در جدول ۲ ارائه شده است. این مقادیر با استفاده از نرم

**Table 2** List of experiments in the DOCD (Coded Values) and the response

Run	F1	F2	F3	Responses				
	OLJ %	ILJ %	storage time (month)	Acidity	pH	BX	Ash	Formalin index
1	-1	+1	+1	5.34	2.67	8.5	0.55	25.45
2	-2	+2	+2	5	2.89	9.5	0.49	26
3	-2	+2	+2	4.84	3	9.5	0.34	25.4
4	0	0	+2	5.01	2.43	9	0.52	27.5
5	-2	+2	-2	5.4	2.81	9	0.54	27
6	+2	-2	+2	5.6	2.64	8	0.5	27.8
7	+2	-2	-1	5.7	2.4	8.25	0.53	23.68
8	-2	+2	0	5.1	2.9	9	0.5	26.5
9	0	0	+2	5.3	2.48	9.3	0.5	26.7
10	+1	-1	-1	5.71	2.33	9.12	0.55	26.52
11	-2	+2	-2	5.23	2.8	9.5	0.55	25.57
12	+2	-2	0	5.5	2.3	8	0.46	23.9
13	0	0	0	5.3	2.29	8.5	0.4	24
14	+1	-1	+1	5.5	2.65	9	0.48	26.5
15	0	0	-2	5.4	2.5	9	0.5	24.8
16	+2	-2	-2	5.9	2.45	8.5	0.45	24
17	+2	-2	+2	5.3	2.3	8	0.4	28.52
18	+1	+1	-1	5.15	2.8	9.1	0.45	23.7
19	+2	-2	-2	6.09	2.52	8.3	0.56	22

می توان درصد تقلبات آبلیموی صنعتی در آبلیموی طبیعی را بدست آورد.

در این معادله  $F_i$  و  $F_j$  فاکتورهای مستقل و  $\beta_{ij}$  و  $\beta_i$  ضرایب رگرسیون بدست آمده از روش حداقل مربعات می باشند. نتایج نشان داد که یک مدل چند جمله ای مرتبه دوم برای بیان ارتباط واقعی بین پاسخ ها و متغیرهای مستقل کافی می باشد. در نهایت برای رسیدن به یک مدل ساده و واقع گرایانه عبارت هایی را که اهمیت کمتری دارند ( $P > 0.05$ ) بر اساس فرایند حذف برگشتی از مدل ارائه شده حذف شدند البته این حذف تا زمانی تداوم یافت که ضریب تبیین اصلاح شده ( $R^2_{adj}$ ) افزایش می یافت. مدل های بدست آمده برای پاسخ های مختلف همراه با ضرایب تبیین در جدول ۳ گزارش شده است.

برای آنالیز پاسخ های بدست آمده بر اساس طراحی صورت گرفته پنج سه معادله درجه ۲ چند جمله ای ارائه می شود که پاسخ های بدست آمده را به عنوان تابعی از سه درصد آبلیموی طبیعی، درصد آبلیموی صنعتی و زمان نگه داری نمونه گزارش می کند. این مدل یک رابطه خطی توان ۲ می باشد که رابطه متقابل بین سه فاکتور را نشان می دهد.

$$Y = \sum_{i=1}^3 \beta_i F_i + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=i+1}^3 \beta_{ij} F_i F_j + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} F_{ii}$$

این مدل پاسخ های ۱- اسیدیته، ۲- pH، ۳- بریکس، ۴- خاکستر و ۵- اندیس فرمالین نمونه های آبلیمو را بر اساس سه فاکتور درصد آبلیموی طبیعی، درصد آبلیموی صنعتی و زمان نگه داری نمونه را بررسی می کند و یک رابطه خطی چند متغیره بین فاکتورها و پاسخ ها برقرار میکند که با آنالیز این روابط خطی

**Table 3** Some characteristics of the constructed models for responses

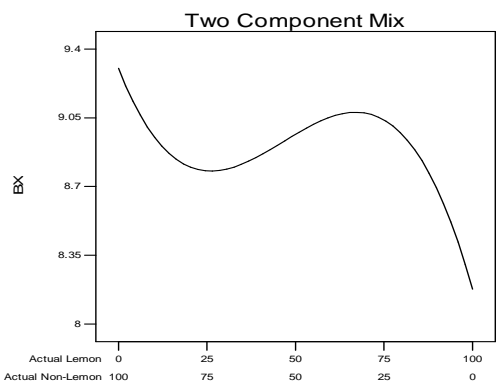
Response type	Regression equation	Model Summary
Acidity	$= 5.65 \times F1 + 5.09 \times F2 - 0.23 \times F1 \times F2 - 0.14 \times F2 \times F3$	R-Squared= 0.82 Adj R-Squared= 0.79 Pred R-Squared= 0.71
pH	$= 2.44 \times F1 + 2.89 \times F2 - 0.71 \times F1 \times F2$	R-Squared= 0.74 Adj R-Squared= 0.70 Pred R-Squared= 0.64
BX	$= 8.17 \times F1 + 9.30 \times F2 + 0.90 \times F1 \times F2 + 4.38 \times F1 \times F2 \times (F1 - F2)$	R-Squared= 0.78 Adj R-Squared= 0.74 Pred R-Squared= 0.65
Ash	No linear regression	R-Squared= 0.15 Adj R-Squared= 0.10 Pred R-Squared= 0.06
Formalin index	$= 25.20 \times F1 + 26.09 \times F2 - 0.73 \times F1 \times F2 + 2.59 \times F1 \times F3 - 0.30 \times F2 \times F3 + 0.31 \times F1 \times F2 \times F3 + 12.70 \times F1 \times F2 \times (F1 - F2) - 17.17 \times F1 \times F2 \times F3 \times (F1 - F2)$	R-Squared= 0.82 Adj R-Squared= 0.70 Pred R-Squared= 0.58

کاهش می یابد. شکل ۲ منحنی خطی pH نمونه های آلبیمو بر اساس پارامترهای درصد آلبیموی طبیعی و درصد آلبیموی صنعتی را نشان می دهد. مشخص است که با افزایش درصد آلبیموی صنعتی در نمونه آلبیمو میزان pH افزایش می یابد که از این فاکتور نیز می توان برای تخمین تقلبات در آلبیمو استفاده کرد. شکل ۳ منحنی BX نمونه های آلبیمو بر اساس پارامترهای درصد آلبیموی طبیعی و درصد آلبیموی صنعتی بر اساس شکل ۳ ارتباط بین بریکس و درصد آلبیموی صنعتی رابطه خطی ندارد، به طوری که با افزایش آلبیموی صنعتی تا ۲۵ درصد بریکس افزایش یافته و سپس با افزایش تا ۷۵ درصد بریکس کاهش یافته و دوباره بعد از آن بریکس افزایش می یابد تا اینکه در ناحیه ۱۰۰ درصدی آلبیموی صنعتی بیشترین بریکس و در ناحیه ۱۰۰ درصدی آلبیموی طبیعی کمترین بریکس مشاهده می شود. بریکس بالای آلبیموی صنعتی احتمالاً به خاطر وجود پرکننده های غذایی می باشد که برای افزایش وزن و حجم نمونه به آن اضافه می شود.

شکل ۴ منحنی کانتور پلات اندیس فرمالین نمونه های آب لیمو بر اساس پارامترهای درصد آلبیموی طبیعی، درصد آلبیموی صنعتی و زمان نگه داری را نشان می دهد. شکل ۵ منحنی اندیس فرمالین نمونه های آلبیمو بر اساس پارامترهای درصد آلبیموی

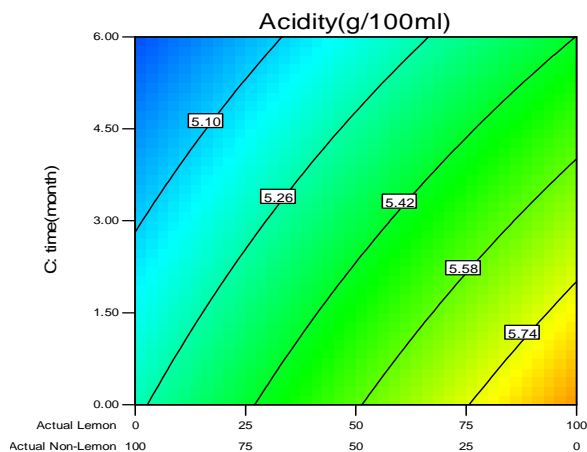
### ۳-۲- بررسی ارتباط بین متغیرها بوسیله منحنی های کانتورپلات و رگرسیون خطی

با استفاده از منحنی های کانتور پلات و رگرسیون خطی ارتباط بین فاکتورها (متغیرها) و پاسخ های اندازه گیری شده بررسی می شود که از روابط بدست آمده و بررسی منحنی های رسم شده می توان تقلبات استفاده از آلبیموی صنعتی در آلبیموی طبیعی و نیز زمان نگهداری نمونه های آلبیمو را پیش بینی کرد. با استفاده از منحنی های کانتور پلات به صورت گرافیکی می توان تقلبات صورت گرفته را از طریق منحنی های سه بعدی به صورت دقیق به دست آورد. شکل ۱ منحنی کانتور پلات اسیدیته نمونه های آب لیمو بر اساس پارامترهای درصد آلبیموی طبیعی، درصد آلبیموی صنعتی و زمان نگه داری را نشان می دهد. همانطور که مشخص است هرچه درصد آلبیموی صنعتی در نمونه آلبیمو بیشتر می شود میزان اسیدیته کاهش می یابد که میتواند علت این پدیده را کمتر بودن ثابت اسیدی اسیدهای مصنوعی استفاده شده و نیز قدرت اسیدی پایین این اسیدها در آلبیموهای صنعتی نسبت داد. بررسی اسیدیته با توجه به درصدهای مختلف آلبیموی صنعتی یا طبیعی که منجر به اسیدیته های متفاوت می شود می تواند برای تخمین تقلبات در آلبیمو استفاده گردد. با افزایش زمان نگه داری نمونه های آلبیمو اسیدیته

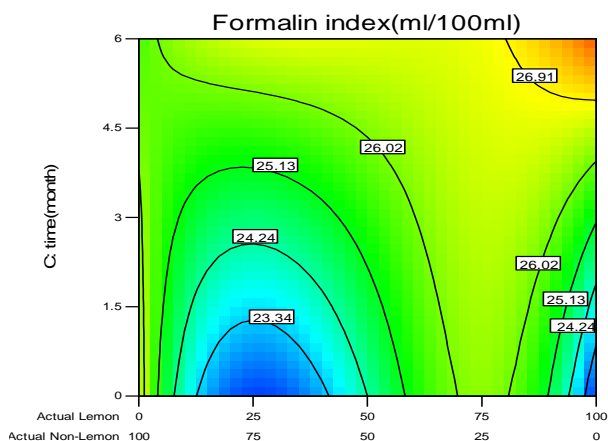


**Fig 3** Curve of samples Brix based on organic and industrial lemon juice percent

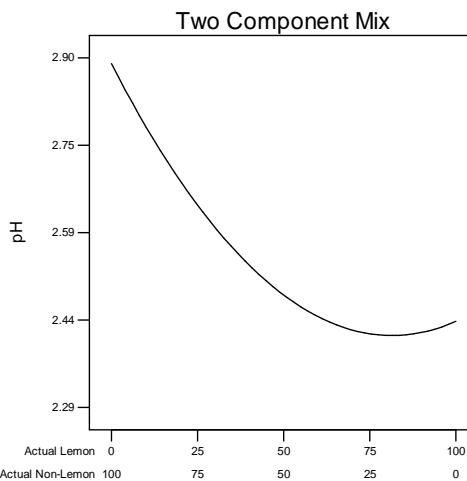
طبیعی و درصد آبلیموی صنعتی را نشان می دهد. بر اساس شکل ۵ ارتباط بین بریکس و درصد آبلیموی صنعتی رابطه خطی ندارد، به طوری که با افزایش آبلیموی صنعتی تا ۲۵ درصد بریکس افزایش یافته و سپس با افزایش تا ۷۵ درصد بریکس کاهش یافته و دوبار بعد از آن بریکس افزایش می یابد.



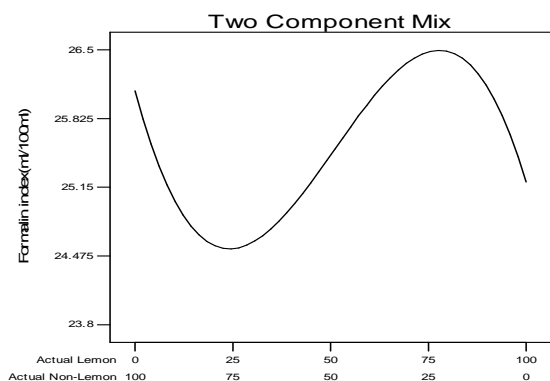
**Fig 1** Counter plot of acidity in lemon juice samples based on 3 variables



**Fig 4** Counter plot of formalin index based on 3 variables



**Fig 2** Calibration curve of pH based on organic and industrial lemon juice percent



**Fig 5** Formalin index curve of samples based on organic and industrial lemon juice percent

- [3] Cautela, D., Laratta, B., Santelli, F., Trifiro, A., Servillo, L., & Castaldo, D. (2008). Estimating bergamot juice adulteration of lemon juice by high-performance liquid chromatography (HPLC) analysis of flavanone glycosides. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 56, 5407–5414.
- [4] Everstine, K., Spink, J., & Kennedy, S. (2013). Economically motivated adulteration (EMA) of food: common characteristics of EMA incidents. *Journal of Food Protection*, 76, 723–735.
- [5] Jamin, E., Gonzalez, J., Bengoechea, I., Kerneur, G., Remaud, G., Iriondo, C., & Martin, G. G. (1998). Proteins as intermolecular isotope reference for detection of adulteration of fruit juices. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 46, 5118–5123.
- [6] Widmer, W.W., Cancalon, P.F., & Nagy, S. (1992). Methods for determining the adulteration of citrus juices. *Trends Food Science and Technology*, 3, 278–286.
- [7] Doner, L.W. (1985). Carbon isotope ratios in natural and synthetic citric acid as indicators of lemon juice adulteration. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 33, 770–772.
- [8] Alizadeh, M., Pirsas, S., & Faraji, N. (2017). Determination of Lemon Juice Adulteration by Analysis of Gas Chromatography Profile of Volatile Organic Compounds Extracted with Nano-Sized Polyester-Polyaniline Fiber. *Food Analytical Methods*, 10, 2092–2101.
- [9] Marin, F., Martinez, M., Uribesalgo, T., Castillo, S., & Frutos, M. (2002). Changes in nutraceutical composition of lemon juices according to different industrial extraction systems. *Food Chemistry*, 78, 319–324.
- [10] Allegrone, G., Belliaro, F., & Cabella, P. (2006). Comparison of volatile concentrations in hand-squeezed juices of four different lemon varieties. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 54, 1844–1848.
- [11] Cautela, D., Laratta, B., Santelli, F., Trifiro, A., Servillo, L., & Castaldo, D. (2008). Estimating Bergamot Juice Adulteration of Lemon Juice by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) Analysis of Flavanone Glycosides. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 56, 5407–5414.

## ۴- نتیجه گیری

آبلیموی طبیعی تولید شده از لیمو ترش بوسیله آبلیموهای صنعتی تولید شده از مواد شیمیایی مورد تقلب قرار می گیرد که در این تحقیق بر اساس طرح مرکب بهینه آزمایشاتی طراحی گردید که بر اساس این آزمایشات اثر سه فاکتور ۱- درصد آبلیموی طبیعی، ۲- درصد آبلیموی صنعتی و ۳- زمان نگهداری آبلیمو بر روی برخی ویژگی های فیزیکی شیمیایی آبلیموهای تولیدی مانند: pH، اسیدیته، بریکس، خاکستر و اندیکس فرمالین بررسی گردید. با استفاده از روش آنالیز آماری رگرسیون خطی چند متغیره ارتباط معنی داری بین درصد آبلیموی صنعتی و زمان ماندگاری با ویژگی های فیزیکی شیمیایی بررسی شده برقرار گردید و از این ارتباط معنی دار در جهت بررسی تقلبات انجام شده در آبلیموهای طبیعی استفاده شد. از منحنی های رگرسیون خطی و کانتورپلات برای تعیین دقیق اثر درصد آبلیموی صنعتی در ویژگی های فیزیکی شیمیایی نمونه های آبلیمو نیز استفاده گردید. نتایج بدست آمده نشان دادند که روش آماری طرح مرکب بهینه و آنالیز رگرسیون خطی چند متغیره برای تشخیص و تعیین درصد تقلبات صورت گرفته مناسب می باشد.

## ۵- تشکر و قدردانی

این تحقیق با مساعدت و همکاری دانشگاه ارومیه انجام پذیرفته است که بدین وسیله از ایشان تشکر و قدردانی می شود.

## ۶- منابع

- [1] Vekari, S. A., Protopapadakis, E. E., Papadopoulou, P., Papanicolaou, D., Panou, C., & Vamvakias, M. (2002). Composition and seasonal variation of the essential oil from leaves and peel of a cretan lemon variety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 147-153.
- [2] Moshonas, M. G., & Shaw, P. E. (1972). Analysis of flavor constituents from lemon and lime essence. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 20, 1029-1030.



## Determination of industrial lemon juice adulteration in organic lemon juice by statistical analysis and physicochemical characteristic

Pirsa, S.<sup>1\*</sup>, Alizadeh, M.<sup>1</sup>, Faraji, N.<sup>1</sup>, Faraji, S.<sup>1</sup>

1. Department of Food Science and Technology Faculty of Agriculture, Urmia University, P. O. Box 57561-51818, Urmia, Iran

(Received: 2016/05/11 Accepted: 2017/06/17)

A method for determination of adulteration in Organic Lemon Juice (OLJ) samples was developed by statistical analysis of some physicochemical properties including Acidity, pH, Brix, Ash and Formalin index of organic lemon juice. The effects of Industrial Lemon Juice (ILJ) percent, organic lemon juice percent and storage time of lemon juice as three variable factors on the physicochemical properties were studied. D-Optimal Combined Design (DOCD) was applied to design the experiments that study the physicochemical properties. The results were analyzed and statistical test of correlation and linear regression was used. Results show that there are good relation between industrial lemon juice percent, organic lime juice percent and storage time and physicochemical properties. So presented method is a good method to find adulteration in organic lemon juice by physicochemical properties analysis.

**Keywords:** Lemon Juice, Adulteration, Pysichochemical, Central Composite Design (CCD), Linear Regression Analysis

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: Pirsa7@gmail.com