



بهینه سازی فرمولاسیون کیک فراسودمند حاوی شیر خرمای اینولین

رضا کاراژیان^{۱*}، احمد احتیاطی^۲، زهرا نظری^۲، معصومه مهربان سنگ آتش^۳

۱- استادیار، گروه پژوهشی بیوتکنولوژی صنعتی میکروارگانیسم‌ها، پژوهشکده بیوتکنولوژی صنعتی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی

۲- عضو گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی

۳- استادیار، گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۰۵

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۱۲

کلمات کلیدی:

کیک،

جایگزین چربی،

شیره خرما،

اینولین.

DOI: 10.52547/fsct.18.02.13

*مسئول مکاتبات:

reza_karazhyan2002@yahoo.com

کیک یک میان وعده مورد علاقه طیف گسترده سنی مصرف کنندگان می باشد که دارای مقادیر بالای چربی و شکر در فرمول آن است که در نتیجه جزو فراورده های با کالری بالا محسوب می گردد. اینولین یکی از بهترین جایگزین های چربی بر پایه کربوهیدرات ها می باشد. ویژگی اینولین، قابلیت تشکیل میکروکریستال در آب می باشد و برای تشکیل بافت خامه ای و فراهم کردن احساس شبیه به چربی بسیار مناسب است. یکی از روش های کاهش شکر دریافتی، استفاده از شیره میوه های دارای طعم شیرین می باشد. خرما به دلیل دارا بودن شیرینی طبیعی و طعم متمایز مطبوع، هضم راحت و محتوای بسیار بالای قند به عنوان یک شیرین کننده طبیعی در محصولات غذایی مختلف مورد توجه قرار گرفته است. هدف از این تحقیق، بررسی جایگزینی شکر با شیره خرما و جایگزینی چربی با اینولین بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی کیک روغن و بهینه سازی فرمولاسیون به منظور تولید محصول پری بیوتیک با چربی کاهش یافته و محتوای کمتر ساکارز می باشد. در این پژوهش شکر فرمولاسیون کیک در چهار سطح صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد با شیره خرما جایگزین گردید. روغن فرمولاسیون نیز در چهار سطح صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد با اینولین جایگزین گردید. جایگزینی روغن کیک با اینولین، علاوه بر کاهش پارامترهای بافتی کیک، باعث افزایش pH کیک و روشن تر شدن پوسته کیک و در عین حال کاهش زردی پوسته گردید. با افزایش جایگزینی همزمان شکر و روغن مقدار رطوبت و تیرگی سطح و همچنین سفتی بافت کیک افزایش یافت. نتایج بهینه سازی نشان داد که میزان شکر فرمول تا ۱۹ درصد با شیره خرما و روغن تا ۳۴ درصد با اینولین قابلیت جایگزینی دارد.

۱- مقدمه

کیک یک میان وعده مورد علاقه طیف گسترده سنی مصرف کنندگان محسوب می شود. از ویژگی های شیمیایی کیک، مقادیر بالای چربی و شکر در فرمول آن است که در نتیجه جزو فراورده های با کالری بالا محسوب می شود [۱].

مصرف مداوم و طولانی مدت این فرورده، چاقی و به دنبال آن مشکلات مرتبط با سلامتی را باعث می گردد [۲]. از طرفی افزایش آگاهی عمومی در مورد سلامتی و تغذیه باعث افزایش تمایل مصرف کنندگان برای خرید محصولات کم کالری و کم کلسترول شده است [۳].

چربیها و روغنهای منابع با دانسیته بالای انرژی هستند، به طوری که تقریباً سه برابر کربوهیدراتها و پروتئینها انرژی تولید می کنند. از اینرو، کاهش محتوای چربی، هدف اول در تولید فراورده های با کالری کاهش یافته است. کاهش چربی با توجه به نقش های عملکردی آن در ایجاد بافت محصول و بهبود احساس دهانی، نیازمند راهکارهایی جهت رفع مشکلات کیفی حاصل از حذف چربی از فرمولاسیون است. در این راستا، برخی ترکیبات این ویژگی را دارا هستند که بدون اینکه انرژی در بدن ایجاد کنند، ویژگی های چربی را جانشین سازی کنند [۴].

اینولین یکی از بهترین جایگزین های چربی بر پایه کربوهیدرات ها می باشد [۳]. اینولین یک فیبر رژیمی قابل حل در آب می باشد که شامل مخلوطی از الیگومرها و پلیمرهای فروکتوز با اتصالات $\beta(1 \rightarrow 2)$ تشکیل شده است. مهم ترین ویژگی اینولین، قابلیت تشکیل میکروکریستال در آب می باشد. به طوری که این کریستال ها در دهان محسوس نبوده ولی در جهت تشکیل بافت خامه ای و فراهم کردن احساس شبیه به چربی بسیار مناسب می باشد. به همین دلیل از اینولین به عنوان یک ترکیب جایگزین چربی استفاده می شود [۳]. نتایج تحقیقات موسکاتو و همکاران [۵] حاکی از بهبود ویژگی های کیفی کیک شکلاتی با ویژگی های عملکردی در اثر افزودن اینولین بود. در این تحقیق افزودن ۶ درصد اینولین به فرمولاسیون سبب بهبود چسبندگی و حجم مخصوص نمونه های کیک شکلاتی در مقایسه با نمونه شاهد شد. ولپینی و همکاران [۶] اثر افزودن اینولین و الیگوفروکتوز را در تولید کیک پرتقالی مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از قهوه ای تر شدن پوسته کیک به دلیل انجام واکنش میلارد توسط اینولین

در مقایسه با نمونه شاهد بود. ارزیابی حسی انجام شده بر روی نمونه ها نشان دهنده آن بود که، پذیرش کلی کیک های شاهد و نمونه های حاوی جایگزین یکسان بوده است. اینولین علاوه بر اینکه قابلیت جانشینی چربی را بر عهده دارد، جزو ترکیبات پری بیوتیک نیز محسوب می گردد. به همین دلیل فراورده حاوی این ترکیب جزو فراورده های غذایی عملکردی یا فراسودمند محسوب می گردد [۷].

یکی دیگر اهداف کاهش کالری در کیک، شکر است. شکر از ترکیبات اصلی کیک است که علاوه بر ایجاد طعم، به الحاق حباب های هوا برای ایجاد ساختار و بافت مناسب کمک می کند. این ترکیب همچنین در حفظ رطوبت و تازه ماندن و بهبود رنگ پوسته کیک مؤثر است [۸].

از این رو، کاهش یا جایگزینی شکر در کیک بر ویژگی های ساختاری و حسی اثر آن اثر گذار است. جایگزینی شکر فرمولاسیون با ترکیبی که دارای مقدار کالری کمتری باشد و ویژگی های عملکردی شکر را نیز جبران کند، یکی از راهکارهای کاهش این ماده در کیک می باشد. بر اساس پژوهش های انجام شده، ترکیبات مختلفی نظیر شربت گلوکز، عصاره مالت و شربت اینورت به عنوان جایگزین شکر در این طیف فراورده ها مورد استفاده قرار گرفته است [۹].

مطالعه تاثیر استفاده از ملاس به عنوان جایگزین شکر در کیک روغنی توسط آقامحمدی و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد که افزایش درصد جایگزینی ملاس به جای شکر بافت کیک ها را سفت تر و میزان بیاتی آنها را بیشتر نمود. در حالی که افت وزنی، رطوبت و فعالیت آبی کیک ها روند نزولی داشت. ارزیابی رنگ نیز نشان دهنده تیره تر بودن رنگ پوسته و بافت تمامی تیمارها نسبت به شاهد بود [۱۰].

یکی از روش های کاهش شکر دریافتی، استفاده از شیر میوه های دارای طعم قوی شیرینی می باشد. خرما به دلیل دارا بودن شیرینی طبیعی و طعم متمایز مطبوع، هضم راحت و محتوای بسیار بالای قند به عنوان یک شیرین کننده طبیعی در محصولات غذایی مختلف مورد توجه قرار گرفته است [۱۱]. میوه خرما از نظر ویتامین A، مواد معدنی نظیر آهن، پتاسیم، منگنز و روی بسیار غنی است [۱۲].

در همین راستا، استفاده از شیر خرما به عنوان منبع قند طبیعی در انواع محصولات غذایی بسیار مورد توجه قرار گرفته است، اگرچه وجود طعم خاص و رنگ آن، کاربرد این محصول در

Table 1 Cake production formulation

Composition	Amount (g)
Wheat flour	100
egg	68
sugar	59
oil	51
Milk powder	12
water	36
Baking powder	4/5
vanilla	1/2

۲-۳- محتوای رطوبت

میزان رطوبت نمونه کیک بر اساس روش استاندارد ۴۴-۱۱ AACC، به روش خشک کردن در آون ۱۰۵ درجه سانتی گراد تا رسیدن به وزن ثابت اندازه گیری شد.

۲-۴- ارزیابی رنگ پوسته کیک

اندازه گیری رنگ پوسته کیک با استفاده از رنگ سنج هانترلب (Color Flex) ساخت کشور آمریکا انجام گردید [۱۴]. در این رنگ سنج، رنگ در فضای رنگی Lab اندازه گیری می گردد که از پرکاربردترین فضاهای رنگی در ارزیابی رنگ فراورده های غذایی است. در این فضای رنگی سه کانال رنگی برای تعیین رنگ وجود دارد. کانال رنگی L که نشان دهنده روشنایی رنگ بوده و از صفر برای سیاه تا ۱۰۰ برای سفید متغیر است. کانال رنگی a که نشان دهنده میزان سبز یا قرمز بودن رنگ است و مقدار آن از مقدار ۱۲۰- معادل کاملاً سبز تا مقادیر ۱۲۰+ معادل کاملاً قرمز متغیر می باشد. کانال رنگی b که نشان دهنده میزان آبی یا زرد بودن رنگ است و از ۱۲۰- معادل کاملاً زرد تا ۱۲۰+ معادل کاملاً آبی متغیر می باشد.

۲-۵- pH

pH نمونه کیک بر اساس استاندارد ملی ایران شماره 2553 با استفاده از pH متر الکترونیکی اندازه گیری شد.

۲-۶- ارزیابی پروفایل کیک

سنجش ویژگی های بافت مغز کیک، ۲۴ ساعت پس از تولید، به روش آزمون آنالیز پروفایل بافت انجام گردید [۱۵]. برای تعیین خصوصیات بافت کیک از دستگاه بافت سنج (TA-

برخی فرآورده های غذایی محدود می سازد. نتایج بررسی Sidhu و همکاران در ارتباط با جایگزینی شکر با شیر خرم در نان بر کیفیت پخت، بافت، عطر و طعم بهتر نمونه هایی که در آنها شیر خرم به طور کامل جایگزین شکر شده بود دلالت داشت [۱۳].

هدف از این تحقیق، بررسی جایگزینی شکر با شیر خرم و جایگزینی چربی با اینولین بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی کیک روغن و بهینه سازی فرمولاسیون به منظور تولید محصول پری بیوتیک با چربی کاهش یافته و محتوای کمتر ساکارز می باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

آرد نول از شرکت آرد رضا (شهر قوچان)، اینولین تجاری (Sensus, Frutafit) از کشور هلند، شیر خشک بدون چربی از شرکت پگاه (مشهد)، روغن مایع آفتابگردان از شرکت لادن (تهران)، بیکنینگ پودر (FosterClark) از کشور مالت تهیه گردید. سایر مواد اولیه شامل شکر، تخم مرغ، پودر وانیل و کیسه های پلی اتیلنی از فروشگاه های محلی خریداری گردید.

۲-۲- تولید کیک

برای تولید خمیر کیک شاهد از فرمولاسیون که در جدول ۱ ارایه شده است، استفاده گردید. ابتدا شکر و تخم مرغ با استفاده از میکسر با دور تند به مدت ۳ دقیقه مخلوط گردید. سپس آب و روغن اضافه شده و مخلوط کردن به مدت ۲ دقیقه دیگر ادامه یافت. در مرحله بعد کل مواد پودری با یکدیگر کاملاً مخلوط شده و پس از دوبار الک کردن به مخلوط مایع امولسیون درون میکسر اضافه گردید و در دور کم به مدت ۲ دقیقه کاملاً مخلوط شد تا خمیر صاف و یکنواخت حاصل شود. در نهایت خمیر در داخل قالب کیک با وزن یکسان ریخته شده و در فر پخت با دمای ۱۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه پخت می شوند. پس از سرد شدن کیک های تولید شده، نمونه ها درون کیسه پلی اتیلنی برای انجام آزمون های مورد نظر نگهداری شد.

۳- نتایج و بحث

از الگوریتم حذف پس‌خور برای حذف جملات غیر معنی‌دار مدل چند جمله‌ای درجه دوم و افزایش کیفیت برازش و قابلیت پیش‌بینی مدل‌های مربوط به ویژگی‌های مختلف، فیزیکی و شیمیایی کیک روغنی استفاده شد. نتایج آنالیز واریانس مدل شامل جملات معنی‌دار مدل و مقادیر احتمال F شاخص‌های برازش و پیش‌بینی مدل (شاخص‌های ضریب همبستگی و ضریب تغییرات) و نیز ضرایب جملات مدل در جدول های ۲ و ۳ ارائه شده است. بالا بودن شاخص ضریب همبستگی و پایین بودن ضریب تغییرات نشان‌دهنده کیفیت قابل قبول مدل‌های برازش یافته در پیش‌بینی ویژگی‌های کیک در محدوده مورد بررسی می‌باشد.

۳-۱- محتوای رطوبت

با توجه به مقدار مثبت ضرایب اجزای مدل برازش یافته بر داده‌های رطوبت کیک (جدول ۲)، افزایش در هر دو فاکتور درصد جایگزینی شکر و درصد جایگزینی روغن به تنهایی، به طور خطی، محتوای رطوبت محصول نهایی را افزایش داد. با این حال، بر هم‌کنش این دو فاکتور باعث کاهش محتوای رطوبت کیک شد و این به معنی آن است که در مقادیر بالای این دو فاکتور، مقادیر رطوبت نهایی کمتر از نمونه شاهد است. شکل ۱ نشان می‌دهد که با افزایش درصد جایگزینی شکر با شیر خرم، محتوای رطوبت محصول افزایش یافت ولی در بالاترین درصد جایگزینی هر دو جزء روغن و شکر، رطوبت نهایی کیک کمتر بود و به محتوای رطوبت نمونه شاهد نزدیک شد. نتایج مشابهی در ارتباط با اثر جایگزینی چربی با اینولین بر محتوای رطوبت توسط سایر محققین نیز نشان داد که اینولین در مقایسه با سایر فیبرها به دلیل نوع ساختاری که دارد، اگرچه در مرحله تهیه خمیر جذب آب بالایی دارد در مرحله پخت نیز میزان آب بیشتری از دست می‌دهد و این عامل موجب می‌شود تا میزان رطوبت نهایی محصول کاهش پیدا کند [۱۶].

Plus, LLOYD Instruments Ltd) ساخت انگلستان استفاده شد. جهت آماده‌سازی نمونه‌ها برای قرار گرفتن در زیر پروب، پوسته سطحی و فوقانی کیک تا عمق ۵ میلی متری با کاتر مخصوص دستگاه جدا گردید. نمونه با طول و عرض و ارتفاع ۲ سانتی متر از مرکز نمونه کیک با دقت و کمترین فشردگی بافت کیک، برش داده شد و در زیر صفحه دستگاه قرار گرفتند. با استفاده از پروب استوانه ای با قطر ۵۰ میلی متر با سرعت فشردگی ۳۰ mm/s آزمون و ارتفاع فشردگی ۵۰ درصد، نمونه دوبار فشرده شد. پارامترهای بافتی سفتی، پیوستگی و فنریت با استفاده از نرم افزار Nexygen نسخه ۴/۶ (LLOYD Instruments Ltd) محاسبه گردید.

۲-۷- طرح آزمایش، تحلیل آماری و بهینه سازی

در این پژوهش آزمایشات با طرح پایه کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل شامل دو فاکتور درصد جایگزینی شکر و درصد جایگزینی روغن انجام گردید. شکر فرمولاسیون کیک در چهار سطح شامل صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد با شیر خرما جایگزین گردید و روغن فرمولاسیون نیز در چهار سطح شامل صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد با اینولین جایگزین گردید.

با استفاده از نرم افزار تحلیل آماری DesignExpert نسخه ۱۰ (Statease, Minneapolis, MN)، مدل چند جمله ای درجه دوم بر داده‌های حاصل از هر یک از آزمون ها برازش یافت و از الگوریتم حذف پس‌خور برای حذف جملات با تاثیر گذاری کم و ارتقای قابلیت پیش‌بینی مدل استفاده شد. آنالیز واریانس مدل، ارزیابی قابلیت پیش‌بینی مدل و رسم نمودارها نیز در این نرم افزار انجام شد.

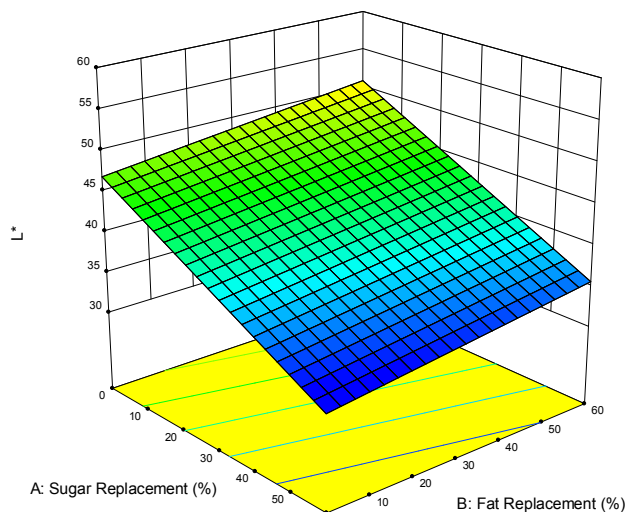
در مرحله بعد، به منظور بهینه‌سازی فرمولاسیون، اهداف بهینه‌سازی، شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی مشابه با فرمولاسیون شاهد، با تاکید بر حداقل چربی و حداقل قند کل و همچنین بیشترین میزان جایگزینی چربی با اینولین و جایگزینی شکر با شیر خرما انجام گردید.

Table 2 Sentence coefficients and statistical indices of fitted models on chemical and physical indices of oil cake

source	Moisture content			L*			a*			b*		
	DF	Coefficient	P-value	DF	Coefficient	P-value	DF	Coefficient	P-value	DF	Coefficient	P-value
model	3	21.99	0.0018	2	41.29	<0.0001	2	17.14	0.0004	2	29.29	<0.0001
A	1	0.088	0.7724	1	-7.68	<0.0001	1	-1.10	0.0004	1	-8.65	<0.0001
B	1	0.55	0.0886	1	2.00	0.0373	1	-0.68	0.0124	1	3.81	0.0385
A×B	1	-1.98	0.0003	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R2	0.70			0.87			0.70			0.86		
%CV	401			622			407			936		

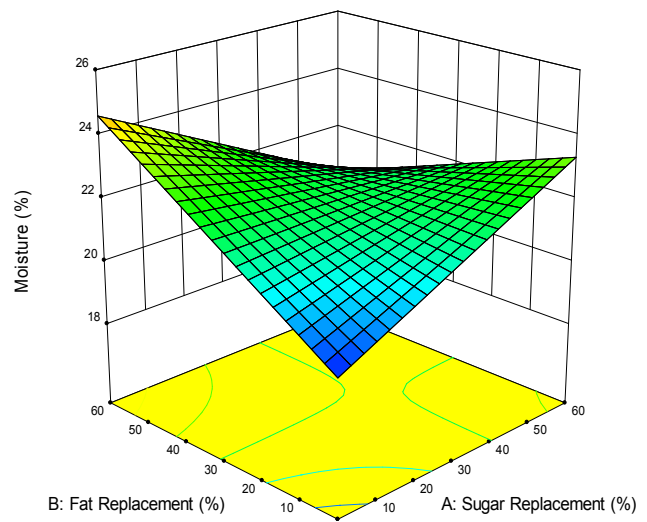
A: sugar replacement percentage; B: percentage of oil replacement; DF: degree of freedom; CV: coefficient of variation

با توجه به جدول ۲، تنها اثرات خطی فاکتورهای درصد جایگزینی شکر و درصد جایگزینی روغن بر تغییرات شاخص‌های رنگی پوسته موثر بودند. در بحث شدت روشن بودن رنگ پوسته (شاخص L^*)، افزایش محتوای شیره خرما، به طور خطی، باعث کاهش این شاخص یا به بیان دیگر تیره‌تر شدن پوسته نسبت به نمونه کنترل گردید. در حالی که افزایش غلظت اینولین باعث روشن‌تر شدن پوسته کیک شد و بر اساس مقدار ضرایب، تاثیر گذاری شیره خرما در افزایش تیرگی پوسته بیشتر بود. شکل ۲ نشان می‌دهد که در بالاترین درصد جایگزینی شکر و چربی، نسبت به نمونه شاهد، ۴۰ درصد روشنائی کاهش یافت و اثر افزایشی جایگزینی چربی با اینولین تاثیر کمی بر جبران کاهش روشنائی پوسته در غلظت‌های بالای شیره خرما داشت.

**Fig 2** Changes in L^* by changing the substitution ratio of sugar (A) and oil (B)

دلیل این امر به علت انجام واکنش قهوه‌ای شدن در مجاورت قندهای احیاء کننده موجود در شیره خرما و همچنین مواد رنگی موجود در خمیر خرما است [۱۷]. علت دیگر ممکن

در مطالعه‌ای که در مورد تأثیر جایگزینی ساکارز با عسل و پودر عسل در کیک مافین انجام شد مشخص گردید که با افزایش غلظت عسل تازه و پودر عسل، مقدار رطوبت افزایش پیدا کرد، که دلیل افزایش رطوبت را می‌توان در ویژگی جذب آب بالای این ترکیب و رقابت ترکیبات جاذب آب در فرمولاسیون جستجو کرد. در این پژوهش با افزایش غلظت شیره خرما، رطوبت به طور معنی‌داری افزایش یافت که با نتایج فوق مطابقت دارد. در غلظت‌های بالاتر شیره خرما و اینولین، احتمالاً با تغییر ساختارهای کریستالی ناشی از حضور این دو ترکیب، جذب آب خمیر کریستال‌ها کاهش یافته و در نتیجه طی پخت، آب با سرعت بیشتری تبخیر شده است که کاهش رطوبت نهایی کیک را به همراه داشته است [۱۷].

**Fig 1** Changes in moisture content by changing the substitution ratio of sugar (A) and oil (B)

۳-۲- رنگ پوسته کیک

رنگ از شاخصه‌های مهم فراورده‌های پخت در پذیرش محصول از سوی مصرف کننده است و همچنین شاخصی از تولید ترکیبات معطر حاصل از واکنش‌های رنگ‌زا نیز هست.

مقادیر ضرایب می توان استنباط نمود، جایگزینی شکر با شیر خرما، به طور موثرتری در مقایسه با اثر افزایشی اینولین، زردی پوسته کیک را کاهش داد، در نتیجه در در نسبت های بالای این دو فاکتور، محصول با زردی کمتری در مقایسه با شاهد مشاهده گردید (شکل ۴). زرد شدن رنگ پوسته نیز وابسته به شدت واکنش های میلارد و کارامل شدن است. کاهش مقدار شکر به طور موثری در کاهش شدت این واکنش ها موثر بوده است که در مورد شاخص a^* نیز به آن اشاره شد.

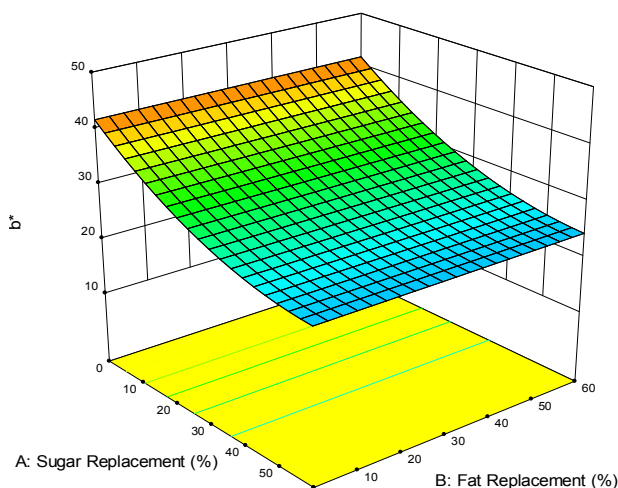


Fig 4 Changes in b^* by changing the substitution ratio of sugar (A) and oil (B)

۳-۳- pH

بر اساس ضرایب اجزای مدل که در جدول ۳ ارائه شده است، افزایش درصد جایگزینی شکر با شیر خرما، اثر کاهشی بر pH محصول داشت در حالی که اثر اینولین بر این شاخص شیمیایی کیک معنی دار نمی باشد ($p < 0.05$). با این حال، بر هم کنش درصد جایگزینی شکر و درصد جایگزینی روغن، اثر کاهشی بر pH را به همراه داشت. شکل ۵ نشان می دهد که در غلظت های پایین شیر خرما، افزایش غلظت اینولین تا حد کمی باعث افزایش pH کیک می گردد ولی در غلظت بالای شیر خرما، اینولین باعث کاهش pH می گردد. شیر خرما ماهیت اسیدی دارد، لذا کاهش pH کیک با افزایش سطح جایگزینی دور از انتظار نیست. نتایج تحقیق احمدی و همکاران (۱۳۹۰) نیز بر کاهش pH کیک لایه ای با جایگزینی قند مایع خرما دلالت داشته است. قرار داشتن خمیر و قند خرما در محدوده اسیدی توسط Johnson همکاران (۱۹۸۹) نیز گزارش و تایید شده است [۱۸].

است واکنش میلارد باشد چون شیر خرما حاوی مقدار زیادی قند اینورت و قندهای ساده است که باعث افزایش میزان واکنش میلارد و تیره تر شدن رنگ پوسته و ایجاد اختلاف رنگ معنی دار نسبت به شاهد می شود به طوری که تیمار حاوی درصد ۶۰ شیر خرما بیشترین تفاوت رنگ را بین تیمارها دارد [۱۰]. شاخص قرمزی نیز مشابه با روشنایی پوسته، متاثر از اثرات خطی درصد جایگزینی شکر و روغن بود (جدول ۲) و بر هم کنش این دو عامل یا اثرات درجه دوم مدل معنی دار نبود. با توجه به منفی بودن ضریب فاکتور جایگزینی شکر، افزایش درصد شیر خرما در فرمولاسیون کیک، کاهش قرمزی پوسته که شاخصی مطلوب هست را به همراه داشت. اینولین نیز مشابه شیر خرما، باعث کاهش میزان قرمزی پوسته کیک گردید. در همین راستا، شکل ۳ نیز نشان می دهد که شدت قرمزی رنگ پوسته کیک با کاهش مقدار شکر کاهش یافته است. به نظر می رسد، شکر در مقایسه با شیر خرما، به طور موثرتری در واکنش های منجر به تثبیت رنگ خاص کیک مشارکت دارد و به ویژه واکنش کارامل شدن قندها با کاهش مقدار شکر کاهش یافته است. این احتمال نیز وجود دارد که برهم کنش آب و میکروکریستال های اینولین در کاهش شدت واکنش های کارامل شدن و میلارد موثر بوده است [۱۰].

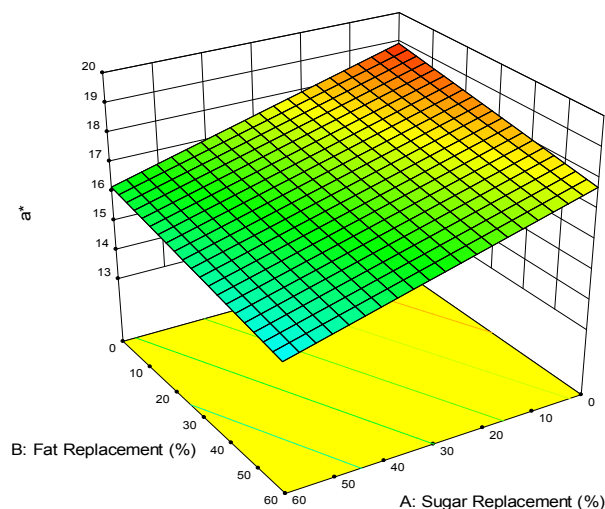


Fig 3 Changes in a^* by changing the substitution ratio of sugar (A) and oil (B)

با توجه به کاهش مقادیر مثبت شاخص رنگی b^* که مربوط به رنگ زرد پوسته کیک است و متاثر از اثر خطی درصد جایگزینی شکر با شیر خرما است اما اینولین در زردتر شدن پوسته اثر خطی مثبت نشان داد (جدول ۲). همانطور که از

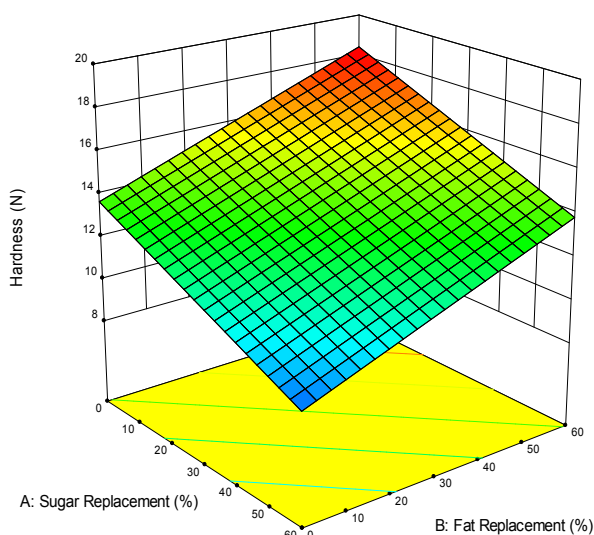
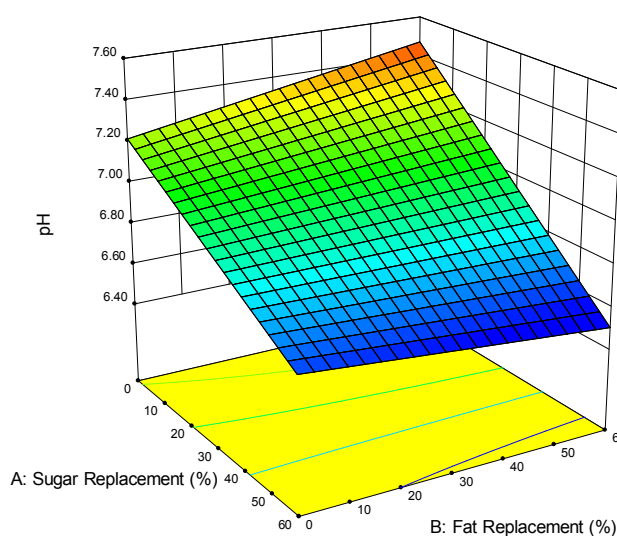
Table 3 Sentence coefficients and statistical indices of fitted models on chemical and physical indices of oil cake

source	pH			stiffness			cohesivness			Springiness		
	DF	Coefficient	P-value	DF	Coefficient t	P-value	DF	Coefficient	P-value	DF	Coefficient	P-value
model	3	+6.96	< 0.0001	2	13.77	0.0002	3	0.25	0.0009	3	11.19	0.0010
A	1	-0.39	< 0.0001	1	-2.29	0.0012	1	-0.051	0.0026	1	-0.48	0.0068
B	1	+0.029	0.3679	1	2.37	0.0009	1	-0.051	0.0028	1	-0.60	0.0015
A×B	1	-0.098	0.0383	-	-	-	1	-0.041	0.0418	1	-0.44	0.0432
R ²	0.92			0.73			0.73			0.73		
%CV	1.35			12.02			14.8			3.91		

A: sugar replacement percentage; B: percentage of oil replacement; DF: degree of freedom; CV: coefficient of variation

شدت اثر گذاری این دو فاکتور تقریباً مشابه است. همچنین بر هم‌کنش یا حالت غیر خطی این عوامل نیز معنی‌دار نمی‌باشد ($p < 0.05$). اثرات بیان شده در شکل ۶ قابل مشاهده است، به طوری که کمترین سفتی بافت کیک در بیشترین درصد جایگزینی شکر با شیر خرمادون جایگزینی چربی و بیشترین سفتی در محصول حاوی بیشترین مقدار اینولین بدون جایگزینی شکر بدست آمد.

سفت شدن بافت کیک در اثر افزایش میزان اینولین به‌کار رفته در فرمولاسیون تهیه کیک دلایل مختلفی می‌تواند داشته باشد، یکی از دلایلی که می‌توان به آن اشاره کرد تاثیر اینولین بر اندازه حباب‌های خمیر کیک می‌باشد.

**Fig 6** Changes in stiffness by changing the substitution ratio of sugar (A) and oil (B)**Fig 5** Changes in pH by changing the substitution ratio of sugar (A) and oil (B)

۳-۴- بافت کیک

یکی از مشکلات مرتبط با فراورده های پخت، سفت شدن بافت محصول است. علت اصلی سفت شدن بافت کیک را می‌توان در کریستال شدن اجزاء نشاسته به ویژه آمیلوپکتین در طول نگهداری کیک جستجو کرد. به علاوه رطوبت محصول از مغز بافت به سمت قسمت‌های سطحی و پوسته کیک مهاجرت کرده و منجر به ایجاد مغز سفت و پوسته چرمی در کیک می‌گردد. مقدار منفی ضریب فاکتور درصد جایگزینی شکر در مدل پیش بینی کننده سفتی کیک، نشان می‌دهد که این تغییر باعث کاهش سفتی کیک در مقایسه با فرمولاسیون با محتوای شکر بالاتر، می‌گردد. در تضاد با شیر خرمادون، اینولین اثر افزایشی بر سفتی بافت کیک داشت. با توجه به مقادیر ضرایب،

مشابه با شاخص پیوستگی بافتی، جانشینی شکر و روغن به طور معنی داری اثر کاهش دهنده بر فنریت بافتی داشت و بر هم کنش این دو عامل نیز دارای اثر کاهشی بود (جدول ۳). همانطور که در شکل ۸ مشاهده می گردد در غلظت کم هر یک از فاکتورها، تغییرات فنریت بافتی با تغییر متغیر دیگر، محدود بود ولی افزایش هم زمان درصد جایگزینی شکر و روغن، با شیب تندی باعث کاهش فنریت بافت گردید و کمترین مقدار فنریت در نمونه با بالاترین درصد جایگزینی مشاهده شد. فنریت بافت کیک نیز متأثر از افزایش تراکم بافت کیک کاهش یافت.

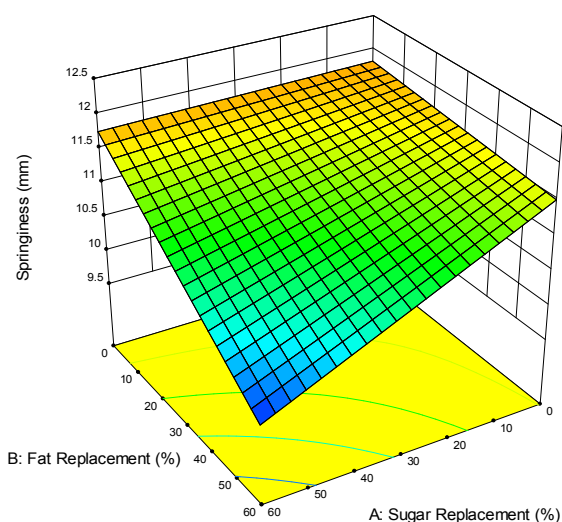


Fig 8 Changes in Springiness by changing the substitution ratio of sugar (A) and oil (B)

۳-۵- بهینه سازی

بهینه سازی فرمولاسیون کیک فراسودمند حاوی شیر خرما و اینولین با اهداف بیشترین مشابهت در ویژگی های شیمیایی و فیزیکی به نمونه شاهد و همچنین حداکثر جانشینی شکر و روغن انجام گردید. نتیجه بهینه سازی با تاکید بر بیشترین محتوای شیر خرما و اینولین، که در شکل ۹ ارایه شده است، نشان می دهد که در حالت بهینه، مقدار شکر تا ۱۹ درصد و مقدار روغن تا ۳۴ درصد با اینولین قابلیت جایگزینی دارد و محصول بهینه مطلوبیت ۶۰ درصد با اهداف مورد نظر خواهد داشت.

با کاهش درصد چربی و افزایش میزان اینولین، اندازه حباب های خمیر کیک بیش از حد کوچک شده و در نتیجه هوای موجود در خمیر کیک آماده پخت کمتر از حد لازم شده و همین امر سبب خواهد شد تا بافت کیک سفت تر شود و از میزان نرمی آن کاسته شود. از طرفی دیگر تاثیر اینولین بر ویژگی های الاستیسیته آن موجب کاهش ظرفیت نگهداری گاز می شود. با کاهش ظرفیت نگهداری گاز و به دنبال آن افزایش قوام خمیر بافت کیک ها سفت خواهد شد [۱۶]. به نظر می رسد که کاهش حجم و نیز کاهش میزان تخلخل با افزایش سطح جایگزینی علت افزایش و سفتی و تراکم بافت بوده است [۱۰].

بر اساس تجزیه واریانس مدل ارایه شده در جدول ۳، اثرات خطی درصد جایگزینی روغن و شکر و بر هم کنش این دو متغیر بر پیوستگی بافت کیک معنی دار است ($p < 0.05$). با توجه به ضرایب مدل، هر دو عامل، اثر کاهشی بر میزان پیوستگی بافت کیک داشتند و اثر همزمان این عوامل نیز باعث کاهش پیوستگی بافتی گردید. شکل ۷ به طور بهتری اثر متغیرهای فرمولاسیون را بر پیوستگی بافت کیک نشان می دهد. اثر هر یک از متغیرها در غلظت های پایین متغیر دوم، کاهشی و محدود بود ولی در غلظت بالای جانشینی شکر و روغن، اثر کاهشی تشدید گردید. این مساله مرتبط با تراکم تر شدن بافت کیک است که در بحث سفتی بافت به آن اشاره شد.

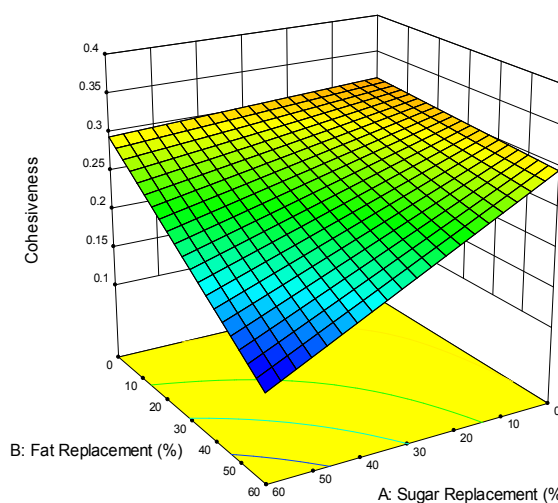


Fig 7 Changes in cohesiveness by changing the substitution ratio of sugar (A) and oil (B)

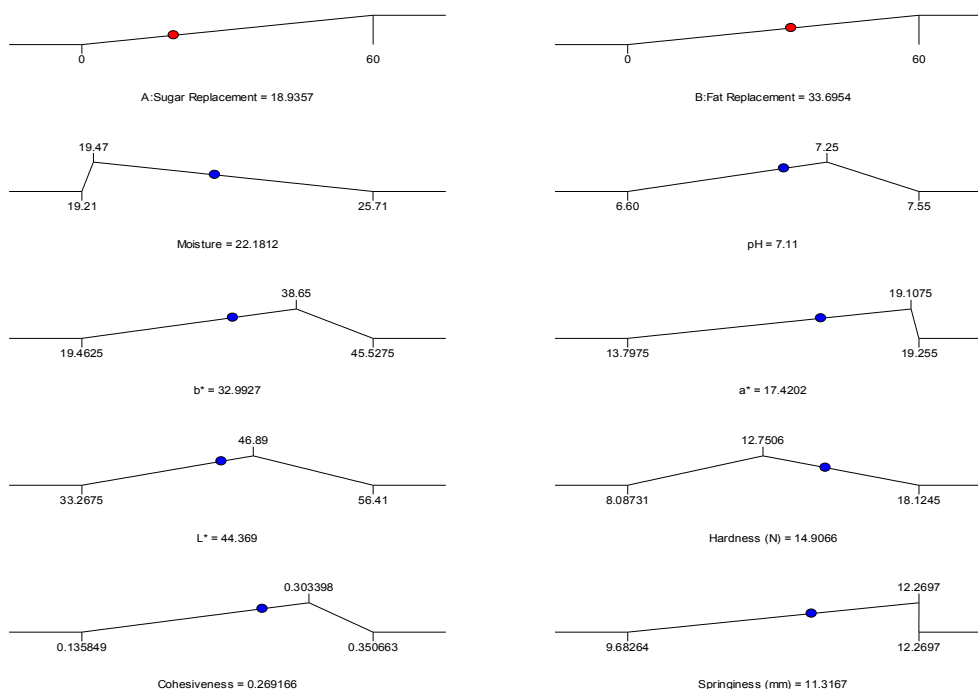


Fig 9 Comparison of cake features with optimal formulation in comparison with control sample features

- [3] Peng X, Yao Y (2017) Carbohydrates as Fat Replacers. *Annu Rev Food Sci Technol* 8:331–351.
- [4] Akoh CC (1998) Fat replacers. *Food Technol* 52:47–5.
- [5] Moscatto JA, Borsato D, Bona E, et al (2005) The optimization of the formulation for a chocolate cake containing inulin and yacon meal. *Int J Food Sci Technol* 41:181–188.
- [6] Volpini-Rapina LF, Sokei FR, Conti-Silva AC (2012) Sensory profile and preference mapping of orange cakes with addition of prebiotics inulin and oligofructose. *LWT - Food Sci Technol* 48:37–42.
- [7] Cardarelli HR, Buriti FCA, Castro IA, Saad SMI (2008) Inulin and oligofructose improve sensory quality and increase the probiotic viable count in potentially synbiotic petit-suisse cheese. *LWT - Food Sci Technol* 41:1037–1046.
- [8] Hicsasmaz Z, Yazgan Y, Bozoglu F, Katnas Z (2003) Effect of polydextrose-substitution on the cell structure of the high-ratio cake system. *LWT - Food Sci Technol* 36:441–450
- [9] Asghar A, ANJUM FM, BUTT MS, HUSSAIN S (2007) Functionality of different surfactants and ingredients in frozen dough. *Turkish J Biol* 30:243–250

۴- نتیجه گیری کلی

بر اساس نتایجی که در این پژوهش حاصل گردید، جایگزینی شکر با مقادیر بالای شیر خرم، باعث کاهش رطوبت نهایی محصول، کاهش pH، تغییر رنگ پوسته به سمت تیره تر شدن و همچنین افزایش سفتی، کاهش پیوستگی و فنریت بافت کیک می گردد. جایگزینی روغن کیک نیز با اینولین، علاوه بر کاهش پارامترهای بافتی کیک، باعث افزایش pH کیک و روشن تر شدن پوسته کیک و در عین حال کاهش زردی پوسته می گردد. در فرمولاسیون بهینه، این امکان وجود دارد که شکر فرمول تا ۱۹ درصد و روغن تا ۳۴ درصد با اینولین جایگزین گردد و کیک تولید شده، ویژگی هایی مشابه با کیک شاهد داشته باشد.

۵- منابع

- [1] Kocer D, Hicsasmaz Z, Bayindirli A, Katnas S (2007) Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar- and fat-replacer. *J Food Eng* 78:953–964 .
- [2] Lee C, Wang H, Lin S (2008) Effect of isomaltooligosaccharide syrup on quality characteristics of sponge cake. *Cereal Chem* 85:515–521

- erythritol and oligo-fructose. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 7, 1, 85-92
- [15] Majzoobi, M., Boostani, S., Farahnaki, A. 2013. Improvement of box cake quality using instant weath starch. *Journal of food research (University of Tabriz)* 2013, Volume 22, Number 4; Page(s) 421
- [16] Damanafshan, P., Salehifar, M., Ghiassi Tarzi, B., Bakhoda, H. 2014. Effect of inulin on the qualitative characteristics of cake. *FSCT*. 2015; 12 (46)
- [17] Raei P, Peighambardoust SH, Azadmard-Damirchi S, Olad Ghaffari A. 2016. Effect of Replacement of Sucrose with Date Syrup on the Quality Characteristics of Sponge Cake. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology* 94 Vol. 11, No. 1. P:87-94
- [18] Ahmadi Ghavlighy, H., Azizi, M. H., Jahanian, L. & Amirkaveei, S., 2011. Evaluation of replacement of date liquid sugar as a replacement for invert syrup in a layer cake. *Journal of Food Science and Technology*, 8(1), 57-64.
- [10] Aghamohammadi, B., Honarvar, M., Babak Ghiassi Tarzi, B., Babak Delkhosh, B. 2012. The Effects of Using Molasses as a Replacement for Sugar on Dough Properties and Volume and Color of Shortened Cake. *Journal of food technology and nutrition*. Volume 10, 4, 2013, Page 15-22
- [11] Gohari Ardebily, A., Habibi Najafi, M. B. & Haddad Khodaparast, M. H., 2005. Study effect of sugar substitution with date syrup on physical and sensorial properties of soft ice cream. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 1(2), 23-32.
- [12] Tang Z-X, Shi L-E, Aleid SM (2013) Date fruit: chemical composition, nutritional and medicinal values, products. *J Sci Food Agric* 93:2351–2361
- [13] Sidhu JS, Al-Saqer JM, Al-Hooti SN, Al-Othman A (2003) Quality of pan bread made by replacing sucrose with date syrup produced by using pectinase/cellulase enzymes. *Plant Foods Hum Nutr* 58:1–8 .
- [14] Nourmohammadi, E., Peighambardoust, H., Olad Ghaffari, A. 2012. Feasibility study of low-calorie cake preparation with



Optimizing the formulation of functional cake with date syrup and inulin

Karazhyan, R.^{1*}, Ehtiati, A.², Nazari, Z.², Mehraban Sanghatash, M.³

1. Assistant Professor, Department of industrial microbial biotechnology, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR) of Mashhad, Iran.
2. Faculty member Department of food quality and safety, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR) of Mashhad, Iran.
3. Assistant Professor, Department of food quality and safety, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR) of Mashhad, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received 26 December 2018 Accepted 02 September 2020 Keywords: Cake, Fat replacement, Date syrup, Inulin. DOI: 10.52547/fsct.18.02.13 *Corresponding Author E-Mail: reza_karazhyan2002@yahoo.com	Cake is a favorite snack of the consumer's broad spectrum of age, which has high levels of fat and sugar in its formula, which results in high calorie foods. Inulin is one of the best carbohydrate-based fat substitutes. Inulin is characterized by the ability to form microcrystals in water. It is very suitable for the formation of creamy texture and providing a feeling similar to the fat. One of the ways to reduce the sugar intake is the use of fruit juice with a sweet taste. Due to its natural sweetness and distinctive taste, easy digestion and high levels of sugar in various food products, dates have been considered. The aim of this study was to investigate the replacement of sugar with date palm and the replacement of fat with inulin on the physical and chemical properties of oil cake and optimization of formulation in order to produce pericyclic product with reduced fat and lower content of sucrose. In this study sugar cake formulation was replaced in four levels including 0, 20, 40 and 60% with date syrup. The oil was replaced with four levels of 0, 20, 40 and 60% with inulin. Replacing cake oil with inulin, in addition to reduce the textural parameters of the cake, increase the pH of the cake and brightened the cake crust, while reducing the yellowness of the crust. Optimization results showed that formula sugar up to 19% with date syrup and oil up to 34% can be replaced with inulin.