



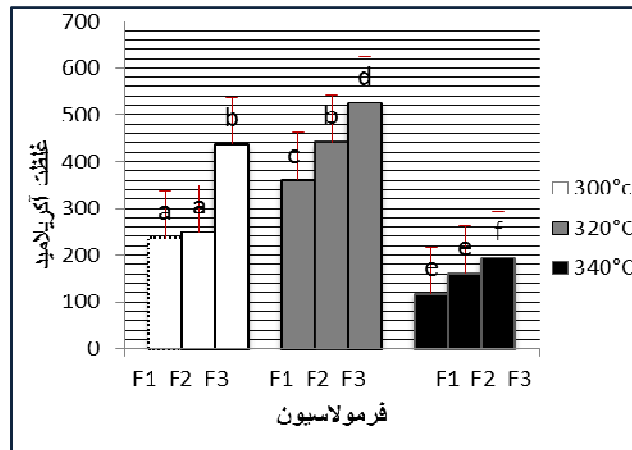






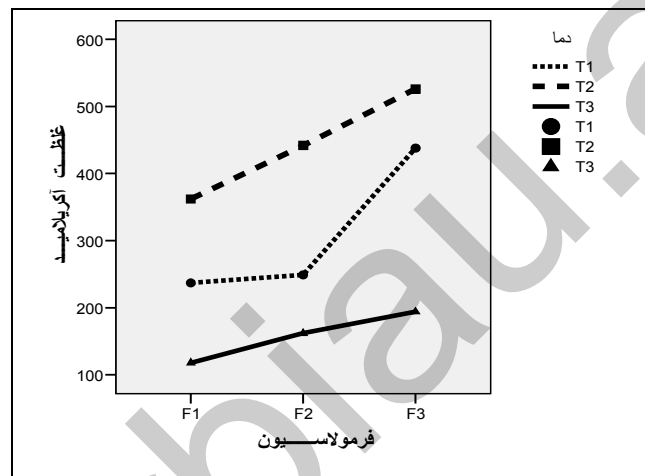


اثر نوع شیرین کننده‌های مصرفی در فرمولاسیون بیسکویت بر میزان تولید آکرلامید



نمودار ۱- مقایسه تولید آکرلامید در فرمولاسیون‌های مختلف در تیمار حرارتی ثابت

(فرمولاسیون ۱: ۵٪ شربت اینورت- ۱۵٪ ساکارز، فرمولاسیون ۲: ۷٪ شربت اینورت- ۱۴٪ ساکارز، فرمولاسیون ۳: ۹٪ شربت اینورت- ۱۳٪ ساکارز)



نمودار ۲- اثر فرمولاسیون بر غلظت آکرلامید در بیسکویت

(فرمولاسیون ۱: ۵٪ شربت اینورت- ۱۵٪ ساکارز، فرمولاسیون ۲: ۷٪ شربت اینورت- ۱۴٪ ساکارز، فرمولاسیون ۳: ۹٪ شربت اینورت- ۱۳٪ ساکارز)  
( $300^{\circ}\text{C}$ : T<sub>1</sub> ;  $320^{\circ}\text{C}$ : T<sub>2</sub> ;  $340^{\circ}\text{C}$ : T<sub>3</sub>)

که بین ۰ تا ۱۰۰ است، مقادیر اندیس  $a^*$ : نامحدود ایت و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز محصول و مقادیر منفی معادل رنگ سبز است، مقادیر اندیس  $b^*$ : نامحدود بوده و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد محصول و مقادیر منفی معادل رنگ آبی است.

مطابق نتایج ارزیابی رنگ سطحی کلیه اعداد بدست آمده در مورد فاکتورهای  $a^*$  و  $b^*$  نمونه‌های بیسکویت دارای مقادیر مثبت می‌باشند. همچنین بر طبق نتایج آزمون ناپارامتریک کروسکال والیس، بین سه فرمولاسیون مختلف، از نظر دو فاکتور رنگی  $a^*$  و  $b^*$  اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ( $p \geq 0.05$ ). نتایج آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها نشان داده است که در مورد فاکتور رنگی  $L^*$  مابین فرمولاسیون‌های ۱ و ۳ و همچنین بین

در (نمودار ۲) اثر فرمولاسیون بر غلظت آکرلامید در بیسکویت و روند تغییرات غلظت آکرلامید در فرمولاسیون‌های یک (۵٪ شربت اینورت و ۱۵٪ ساکارز)، دو (۷٪ شربت اینورت و ۱۴٪ ساکارز) و سه (۹٪ شربت اینورت و ۱۳٪ ساکارز) نشان داده شده است. برطبق این نمودار، در کلیه دماهای مورد آزمون، از فرمولاسیون ۱ تا فرمولاسیون ۳ با افزایش میزان شربت اینورت و کاهش میزان ساکارز، روند تغییرات غلظت آکرلامید بصورت روند افزایشی مشاهده شده است.

#### - بررسی رابطه رنگ و غلظت آکرلامید

در این روش سه فاکتور تعیین رنگ مشخص گردید. مقادیر اندیس  $L^*$ : معادل میزان سفیدی و تیرگی محصول

نتایج مشابهی براساس یافته‌های سایر مطالعات در این زمینه، در مورد پوسته سطحی نان نیز گزارش شده است (Brathen and Knutsen, 2005; Clause *et al.*, 2008). همچنین تجزیه شیمیایی نمونه‌های تولید شده نشان می‌دهد که مابین فرمولاسیون‌های ۱، ۲ و ۳، از نظر درصد قند کل اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نمونه‌های F<sub>1a</sub>، F<sub>1b</sub> و F<sub>1c</sub> که دارای فرمولاسیون ۱ (حاوی ۵٪ شربت اینورت) به علت پایین‌تر بودن درصد قند اینورت آنها در مقایسه با سایر تیمارها، دارای درصد قند کل کمتری هستند و نمونه‌های F<sub>3a</sub>، F<sub>3b</sub> و F<sub>3c</sub> دارای فرمولاسیون ۳ (حاوی ۹٪ شربت اینورت) دارای بالاترین درصد قند کل می‌باشند، ولی با جایگزینی شیرین‌کننده‌ها درصد قند کل نمونه‌های نهایی در رنج استاندارد مطرح شده می‌باشد. بطور کلی، تغییرات اعمال شده در فرمولاسیون و جایگزینی شیرین‌کننده‌های موجود در فرمولاسیون در این پژوهش تغییرات محسوس و قابل ملاحظه‌ای در ویژگی‌های شیمیایی بیسکویت ایجاد نکرده است.

#### - بررسی ارزیابی حسی نمونه‌های بیسکویت

طبق روش رانک، در حالتی که تعداد داوران ۱۰ نفر و تعداد تیمار ۹ عدد باشد در آن صورت تیمارهایی که جمع آنها بین ۲۶-۷۴ می‌باشند در سطح احتمال ۱ درصد و تیمارهایی که جمع آنها بین ۷۰-۳۰ بوده در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند. به طور کلی، مابین همه تیمارهای بیسکویت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (p ≥ ۰/۰۵).

فرمولاسیون‌های ۲ و ۱ تفاوت معنی‌داری وجود دارد (p < 0.05) لذا از آزمون مقایسه میانگین دانکن استفاده شد. براساس آزمون همبستگی بین دو متغیر فاکتور رنگی L\* و غلظت آکریلامید رابطه‌ی خطی معنی‌داری وجود دارد و معادله خط مربوطه در (نمودار ۳) نشان داده شده است. ضریب تابعیت در این نمودار معنی‌دار مشاهده شده است (p < ۰/۰۵). میزان همبستگی محاسبه شده (r = -۰/۰۸) و ضریب تابعیت معادله رگرسیون نشان می‌دهد که بین فاکتور رنگی L\* (میزان روشنایی رنگ سطحی) و غلظت آکریلامید در نمونه‌های بیسکویت همبستگی منفی و رابطه‌ی خطی نزولی وجود دارد بطوریکه با افزایش غلظت آکریلامید در نمونه، فاکتور L\* کاهش می‌یابد (نمودار ۳).

#### - بررسی ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های بیسکویت

نتایج آزمایشات تجزیه شیمیایی نمونه‌های بیسکویت در (جدول ۳) آورده شده است. مطابق داده‌های این جدول مشخص گردید که ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های بیسکویت تهیه شده، مطابق استاندارد شماره ۳۷ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در مورد ویژگی‌های بیسکویت و در رنج اعلام شده برای هر یک از ویژگی‌های محصول نهایی بیسکویت می‌باشد (بی نام، ۱۳۷۷).

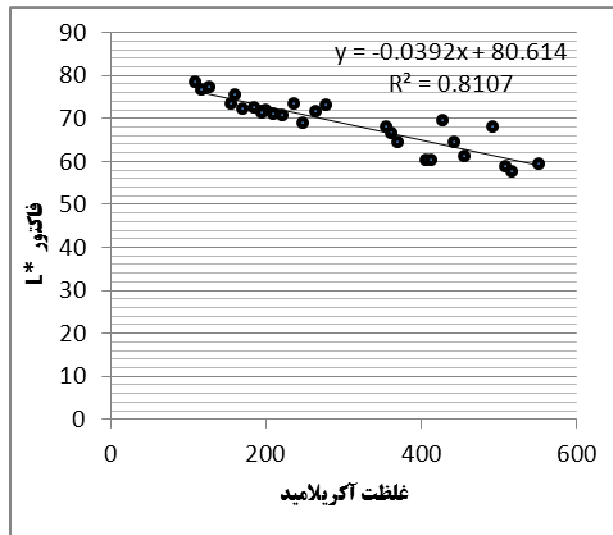
مابین نمونه‌های بیسکویت، از نظر میزان رطوبت، خاکستر و چربی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده، که نشان دهنده اینست که ویژگی‌های شیمیایی محصول نهایی متأثر از تغییرات اعمال شده بر فرمولاسیون نبوده است.

جدول ۲- مقایسه میانگین میزان فاکتورهای رنگی نمونه‌های بیسکویت

نمونه	L*	a*	b*
F <sub>1a</sub>	۷۷/۷۷۹ <sup>a</sup>	۳۱/۱۹۶ <sup>ns</sup>	۷۴/۲۵۵ <sup>ns</sup>
F <sub>2a</sub>	۷۱/۹۴۵ <sup>b</sup>	۱۶/۸۱۱ <sup>ns</sup>	۸۵/۸۴۱ <sup>ns</sup>
F <sub>3a</sub>	۶۱/۹۶۵ <sup>c</sup>	۲۱/۷۱۷ <sup>ns</sup>	۷۲/۰۲۳ <sup>ns</sup>
F <sub>1b</sub>	۶۶/۲۹۷ <sup>d</sup>	۱۷/۲۷۴ <sup>ns</sup>	۷۵/۴۸۳ <sup>ns</sup>
F <sub>2b</sub>	۶۶/۰۱۱ <sup>d</sup>	۲۰/۳۴۵ <sup>ns</sup>	۷۴/۲۰۵ <sup>ns</sup>
F <sub>3b</sub>	۵۸/۵۲۳ <sup>e</sup>	۲۴/۸۷۹ <sup>ns</sup>	۷۰/۴۲۱ <sup>ns</sup>
F <sub>1c</sub>	۷۰/۴۴۴ <sup>b</sup>	۱۴/۶۹۹ <sup>ns</sup>	۷۳/۴۵۷ <sup>ns</sup>
F <sub>2c</sub>	۷۳/۶۷۰ <sup>f</sup>	۲۲/۴۰۳ <sup>ns</sup>	۷۳/۶۶۳ <sup>ns</sup>
F <sub>3c</sub>	۷۱/۸۴۱ <sup>b</sup>	۲۵/۱۰۷ <sup>ns</sup>	۷۰/۵۵۹ <sup>ns</sup>

\*آنالیز نمونه‌ها با ۳ تکرار انجام شده است (n=۳). ns: عدم وجود تفاوت معنی‌دار

اثر نوع شیرین کننده‌های مصرفی در فرمولاسیون بیسکویت بر میزان تولید آکریلامید



نمودار ۳- رابطه‌ی فاکتور L\* و غلظت آکریلامید در بیسکویت

جدول ۳- نتایج آزمایشات تجزیه شیمیایی نمونه‌های بیسکویت

pH	درصد قند	درصد چربی	درصد خاکستر	درصد رطوبت	نمونه‌های بیسکویت
۶	۲۰/۶۷	۱۳/۰۳	۰/۰۵	۴/۳۷	F <sub>1a</sub>
۶/۱	۲۱/۳۷	۱۳/۰۸	۰/۰۴	۴/۵	F <sub>2a</sub>
۶/۲	۲۳/۴۶	۱۳/۰۰	۰/۰۳	۵	F <sub>3a</sub>
۶/۸	۲۰/۷۴	۱۳/۰۴	۰/۰۵	۴/۵	F <sub>1b</sub>
۶/۷	۲۱/۱۵	۱۳/۲۰	۰/۰۴	۴/۵	F <sub>2b</sub>
۶/۵	۲۳/۰۴	۱۳/۰۰	۰/۰۳	۵/۱۲	F <sub>3b</sub>
۷	۲۰/۸۵	۱۳/۱۱	۰/۰۵	۵	F <sub>1c</sub>
۶/۸	۲۱/۳۳	۳۲/۱۳	۰/۰۴	۴/۸	F <sub>2c</sub>
۷	۲۳/۶۲	۱۳/۰۸	۰/۰۳	۵	F <sub>3c</sub>
حد اکثر ۷	حد اقل ۱۸	حد اقل ۱۱	حد اکثر ۰/۰۵	حد اکثر ۵	نمونه شاهد (استاندارد بیسکویت)

## بحث

(2005). اگرچه اسپاراژین یک فاکتور محدودکننده در محصولات نانوائی می‌باشد ولی به علت مقادیر نسبتاً پایین اسپاراژین آزاد در آرد گندم (۰/۴ - ۰/۱۵ گرم اسپاراژین در هر کیلوگرم آرد)، در این زمینه قندها نقش تعیین کننده ای را ایفا می‌کنند (Claus et al., 2008). با توجه به استفاده از شیرین کننده‌های محتوی قند اینورت به عنوان یکی از پیش‌سازهای اصلی تشکیل آکریلامید در فرمولاسیون بیسکویت، یکی از نگرانی‌های اصلی در مورد فرآورده بیسکویت، تنظیم فرمولاسیون با حذف میزان قندهای احیاکننده و جایگزینی آن با قندهای غیر احیاکننده، برای به حداقل رساندن میزان تولید آکریلامید می‌باشد. ایجاد این تغییرات بایستی به صورت بسیار حساس و بحرانی ارزیابی شود به نحوی که بر روی ویژگی‌های حسی محصول از جمله طعم و رنگ محصول اثر منفی نداشته

از سال ۲۰۰۲ تاکنون، مطالعات گسترده‌ای در زمینه کاهش میزان آکریلامید در محصولات غذایی مستعد تشکیل آکریلامید بویژه فرآورده‌های غلات صورت گرفته است. یکی از راهکارهای مؤثر در مورد کاهش پتانسیل تشکیل آکریلامید در این فرآورده‌ها، کاهش میزان پیش‌سازهای این ترکیب در فرمولاسیون است (Hendrickx et al., 2005). فرمولاسیون و ترکیب فرآورده‌های نانوائی نقش عمده‌ای را در میزان تشکیل آکریلامید در این محصولات ایفا می‌کنند. بطور کلی مشهود است که معمولاً وجود یک قند احیاکننده یا یک گروه کربونیل فعال، برای تشکیل آکریلامید از اسپاراژین، مطابق واکنش مایلارد مورد نیاز است ( Graf et al., 2006; Stadler et al., 2005; Amrein et al.,



باشد. براساس مطالعات صورت گرفته توسط محققان پیشین و نیز مطالعه حاضر شیرین‌کننده‌هایی از جمله سیروپ قند اینورت به عنوان منابع اصلی حاوی گلوکز و فروکتوز بوده که از اجزاء اصلی در واکنش‌های مایلارد هستند و مهمترین جزء فرمولاسیون در تشکیل آکریلامید در فرآورده‌های غلات محسوب می‌شوند (Amrein et al., 2005; Clause et al., 2008).

مقادیر آکریلامید اندازه‌گیری شده در نمونه‌ها دقیقاً با اطلاعات محدود موجود در گزارشات سایر محققین که در مورد بیسکویت گزارش شده، مطابقت داشته و در رنج ارائه شده برای این گروه محصولات می‌باشد. بطور کلی سطوح آکریلامید در انواع بیسکویت‌ها رنج بسیار وسیعی را پوشش می‌دهد (Sadd and Hamlet, 2005). یکی از نکات مهم در مورد این مطالعات، اختلاف زیاد بچ به بچ تولید در میزان آکریلامید بیسکویت‌های تولید شده تحت شرایط صنعتی و نمونه‌برداری از روی خط تولید مطرح شده است (J-Petersen and Tran, 2005). معمولاً خمیر تهیه شده برای تولید انواع مختلف بیسکویت، به منظور مطالعه اثرات شرایط پخت و نوع قند، در آغاز فاقد هرگونه آکریلامید بوده است (Gokmen et al., 2005).

در این پژوهش همانگونه که قبلاً شرح داده شد، خمیر بیسکویت با غلظت‌های مختلف ساکارز و شربت اینورت تهیه و سعی شد که از طریق ثابت نگه داشتن شرایط پخت، تا حد امکان سایر عوامل حذف شوند و بتوان تغییرات مشاهده شده در میزان آکریلامید محصول نهایی را تنها به فرمولاسیون نسبت داد. براساس روش شرح داده شده تولید شربت اینورت در واحد صنعتی، هر ۱ کیلوگرم ساکارز معادل بازده ۲ کیلوگرم شربت اینورت بوده است. به منظور حفظ سایر ویژگی‌های کیفی بیسکویت، در هر سه فرمولاسیون ۲٪ از شربت اینورت موجود در فرمولاسیون حذف شد و با ۱٪ پودر ساکارز جایگزین شد. در این پژوهش، از نظر آماری، میان فرمولاسیون‌های مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (نمودارهای ۱ و ۲) که نشان می‌دهد نوع و غلظت قندهای موجود در فرمولاسیون عامل مهمی در تعیین مقدار پیش‌سازهای آکریلامید در بیسکویت است. غلظت آکریلامید از فرمولاسیون ۱ (محتوی ۵٪ شربت اینورت) تا فرمولاسیون ۳ (محتوی ۹٪ شربت اینورت) روند صعودی را داشته است. به گونه‌ای که با

افزایش میزان شربت اینورت از ۵٪ به ۷٪ و ۹٪ و کاهش ساکارز از ۱۵٪ به ۱۴٪ و ۱۳٪ در فرمولاسیون بیسکویت، غلظت آکریلامید تشکیل شده در طی فرآیند پخت افزایش یافته است و البته این افزایش غلظت آکریلامید، در مورد فرمولاسیون حاوی ۹٪ شربت اینورت و ۱۳٪ ساکارز با شیب بیشتری مشاهده شده است که نشان‌دهنده این است که در غلظت‌های بالاتر شربت اینورت با توجه به افزایش ثابت واکنش مایلارد، تشکیل آکریلامید با شدت بیشتری انجام می‌شود ولی در غلظت‌های پایین این اثر با شدت کمتری مشاهده شده است. بر طبق این نتایج می‌توان بیان داشت که حذف مقداری از شربت اینورت موجود در فرمولاسیون بیسکویت و جایگزینی آن با ساکارز (به عنوان یک قند غیراحیاکننده) در فرمولاسیون به علت پدیده حذف پیش‌سازهای اولیه واکنش، منجر به کاهش تشکیل آکریلامید در این محصول می‌شود. طبق مکانیسم تشکیل آکریلامید (واکنش مایلارد) که توسط چندین محقق به طور مستقل بیان شده، دما نیز به عنوان یک عامل کلیدی مطرح می‌شود (Ahrne et al., 2007; Ehenberg and Tomqvist, 2005) اما در عمل نوع و مقدار شیرین‌کننده‌ها در فرمولاسیون، تعیین‌کننده پتانسیل تشکیل آکریلامید در بیسکویت هستند. بطوریکه در این مطالعه نیز مشاهده شده که میانگین میزان آکریلامید در متوسط دمای سه منطقه‌ی فر از میانگین دمایی ۳۰۰ درجه سانتیگراد به میانگین دمای ۳۲۰ درجه سانتیگراد، میزان آکریلامید افزایش یافته است ولی در میانگین دمای ۳۴۰ درجه سانتیگراد میزان آکریلامید کاهش یافته است. با توجه به این روند می‌توان گفت که با افزایش دما، شدت واکنش مایلارد و در نتیجه تشکیل آکریلامید افزایش یافته است ولی در دماهای بالاتر با یک تنزلی روبه‌رو می‌شود که این به علت سرعت بالاتر تجزیه این ترکیب می‌باشد. با وجود اینکه، درجه هیدرولیز ساکارز در درجه حرارت‌های بالا تعیین‌کننده میزان آکریلامید تشکیل شده در بیسکویت در طی فرآیند پخت می‌باشد ولی کاهش میزان قندهای احیاکننده در خمیر از ابتدای عملیات پخت بر میزان تشکیل آکریلامید تأثیرگذار بوده و موجب کاهش آن می‌گردد. نظر به اینکه در فرمولاسیون‌های بیسکویت دارای ساکارز بالاتر نسبت به فرمولاسیون‌هایی با درصد شربت اینورت بالاتر، مقادیر آکریلامید تشکیل شده پایین‌تر بوده است لذا

اثر نوع شیرین کننده‌های مصرفی در فرمولاسیون بیسکویت بر میزان تولید آکریلامید

بیشتر در مورد فرآورده‌هایی کاربرد دارد که در آنها رنگ فرآورده دارای اهمیت ویژه‌ای نیست و فرآورده مستقیماً مورد مصرف نمی‌باشد زیرا ممکن است ایجاد رنگ روشن‌تر برای برخی فرآورده‌های نهایی به عنوان یک ویژگی منفی تلقی شود (Graf et al., 2006).

### نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌ها و آنالیزهای انجام شده در مورد اثرات نوع قند بر میزان تشکیل آکریلامید در بیسکویت نوع قالب غلطکی در مقیاس صنعتی نتایج کلی ذیل ارائه می‌گردد. تغییرات در فرمولاسیون و شرایط پخت، هم تشکیل آکریلامید و هم تشکیل رنگ سطح فرآورده غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که انتخاب و طراحی یک فرمولاسیون مناسب که حاوی مقدار کمتری پیش‌سازهای اصلی آکریلامید بویژه قندهای احیاکننده باشد از طریق جایگزینی سیروپ قند اینورت با ساکارز با اندک تغییرات قابل پذیرش در رنگ و ویژگی‌های ارگانولپتیک محصول نهایی، غلظت آکریلامید را بطور قابل توجهی کاهش می‌دهد. ویژگی‌های حسی محصول نیز مطابق محصول استاندارد بوده و محصول با کیفیت بالا مورد انتظار صنعت و مصرف کننده می‌باشد. نتایج گزارش شده در این پژوهش نشان می‌دهد که بهینه‌سازی فرمولاسیون از جنبه کاهش مواد اولیه پیش‌ساز آکریلامید در فرآورده‌های نانوائی از جمله بیسکویت، یک راهکار عملی برای کاهش میزان آکریلامید موجود در این فرآورده‌ها می‌باشد. بنابراین می‌توان فرمولاسیون بیسکویت، محتوی ۵٪ شیرین کننده شربت اینورت و پایین‌تر را، برای تولید صنعتی بیسکویت با به حداقل رساندن میزان آکریلامید پیشنهاد نمود. تاکنون راهکارهای گوناگونی به منظور کاهش میزان آکریلامید در فرآورده‌های غذایی مختلف در مقیاس صنعتی و نیمه صنعتی ارائه شده است اما هیچ یک از راهکارها، موفق به پیشگیری کامل از تشکیل این ماده سمی نشده است. اکثر مطالعات در رابطه با کاهش میزان آکریلامید در فرآورده‌های نانوائی در مدل‌های آزمایشگاهی یا در مقیاس تولید آزمایشگاهی انجام شده است از اینرو اطلاعات کاربردی چنین راهکارهای کاهش در فرآیندهای صنعتی بسیار محدود است. تشکیل آکریلامید در مواد غذایی به علت اثرات ضد

به نظر می‌رسد که هیدرولیز ساکارز در طی عملیات پخت محدود می‌باشد (Gokmen et al., 2007). نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های سایر پژوهشگران نیز مطابقت دارد که جایگزینی قندهای احیاکننده با ساکارز یک روش مؤثر برای کاهش قابل توجه میزان آکریلامید در فرآورده‌های نانوائی شیرین می‌باشد (Amrein et al., 2004; Vass et al., 2004). میزان روشنایی رنگ سطحی فرآورده، اغلب به عنوان یک شاخص تکمیل پخت استفاده می‌شود که معمولاً رنگ در طی فرآیند پخت از طریق واکنش‌های شیمیایی مانند واکنش مایلارد و کاراملیزاسیون قند همزمان با تشکیل پوسته سطحی در فرآورده‌های نانوائی، توسعه می‌یابد (Ahrne et al., 2007). یافته‌های پیشین به طور گسترده‌ای پیشنهاد می‌کند که رنگ سطحی با غلظت آکریلامید در مواد غذایی که فرآوری حرارتی شده‌اند ارتباط مستقیمی دارد، همچنین درجه قهوه‌ای شدن در فرآورده‌های نانوائی، به عنوان نشانه‌ای از مقادیر بالای آکریلامید معرفی شده است. مطابق (نمودار ۳) در تیمارهای مختلف بیسکویت مورد آزمون با کاهش درصد شربت اینورت و در نتیجه کاهش میزان آکریلامید در نمونه نهایی رنگ بیسکویت روشن‌تر ( $L^*$ ) می‌شود ولی روند کاهش میزان روشنایی نمونه بصورت ملایم بوده است. کاهش درصد شربت اینورت در فرمولاسیون بیسکویت، روشنی و تیرگی نمونه را تحت تأثیر قرار داده و محصولی با رنگ سطحی روشن‌تر تولید می‌کند. به گونه‌ای که با افزایش میزان فاکتور  $L^*$  مربوط به تیرگی و روشنی سطحی، کاهش تیرگی رنگ نمونه مورد ارزیابی مشهود است و بالعکس با کاهش این فاکتور سطح محصول تیره‌تر می‌شود. اگرچه با جایگزینی بخشی از شربت اینورت با ساکارز طعم این محصولات تغییر محسوسی نداشته اما در بیسکویت‌های تهیه شده با درصد ساکارز بالاتر، رنگ سطحی روشن‌تر می‌شود، این امر به علت عدم وجود قندهای احیاکننده مورد نیاز برای انجام واکنش قهوه‌ای شدن مایلارد می‌باشد (Amrein et al., 2005; Graf et al., 2006). با افزایش میزان آکریلامید در نمونه‌ها روشنی نمونه کاهش بسیار محسوسی را نشان داده است، این موضوع قابل پیش‌بینی بوده زیرا قهوه‌ای شدن و تشکیل آکریلامید هر دو از واکنش مایلارد ناشی می‌شوند (Amrein et al., 2005). معمولاً این روش جایگزینی

spectrometry. *Journal of Food Science and Agriculture*, 54, 549-555.

CIAA. (2006). The CIAA acrylamide toolbox for the reduction of acrylamide in Biscuits, Crackers and drink Industries of the EU (CIAA).

Claus, A., Reinhold, C. & Scheieber, A. (2008). Acrylamide in cereal products: A review. *Journal of Cereal Science*, 47, 118-133.

Claus, A., Mongili, M., Weisz, G., Schieber, A. & Carle, R. (2008). Impact of formulation and technological factors on the acrylamide content of wheat bread and bread rolls. *Journal of Cereal Science*, 47, 546-554.

FAO/WHO. (2005). Consultation on health implications of acrylamide in food, Report of a joint FAO/WHO consultation, Geneva, Switzerland, Available from: <http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/en.pdf>: 25-27.

Gokmen, V. & Senyuva, H. Z. (2006). Study of color and acrylamide formation in coffee, wheat flour and potato chips during heating. *Food Chemistry*, 99, 238-243.

Gokmen, V., Senyuva, H. Z., Dulek, B. & Cetin, A. E. (2007). Computer vision-based image analysis for the estimation of acrylamide concentrations of potato chips and French fries. *Food Chemistry*, 101, 791-798.

Gokmen, V., Cetinkaya, O., Koksel, H. & Acar, J. (2007). Effects of dough formula and baking conditions on acrylamide and hydroxymethylfurfural formation in cookies. *Food chemistry*, 104:1136-1142.

Gokmen, V., Acar, O. C., Arribas, G. & Morales, F. J. (2008). Investigation the correlation between acrylamide content and browning ratio of model cookies. *Journal of Food Engineering*, 87, 380-385.

Graf, M., Amrein, T. M., Graf, S., Szalay, R., Escher, F. & Amado, R. (2006). Reducing the acrylamide content of a semi-finished biscuit on industrial scale. *LWT*, 39, 724-728.

Hendrichx, E. & Vleeschouwer, K. (2005). Quantifying formation of carcinogens during food processing: acrylamide. *Trends in Food Sci Tech.*, 16, 181-193.

Hilbig, A., Freidank, N., Kersting, M., Wilhelm, M. & Wittsiepe, J. (2004). Estimation of the dietary intake of acrylamide by German infants, children and adolescents as calculated from dietary records and available data on acrylamide levels in food groups,

سلامتی این ترکیب هم برای مصرف‌کنندگان و هم برای تولیدکنندگان یک نگرانی عمده محسوب می‌شود. ولی هر راهکاری به منظور کاهش میزان آکریلامید در موادغذایی بایستی به گونه‌ای اعمال شود که ویژگیهای حسی و بازاری پسندی محصول تحت تأثیر شرایط فرآوری واقع نشود.

## سپاسگزاری

بدین وسیله از مشارکت واحد صنعتی اصفهان شیرینک و اداره کل نظارت بر موادغذایی استان اصفهان، در همکاری با این پروژه تحقیقاتی تشکر می‌گردد.

## منابع

احتیاطی، الف، محبی، م. و شهیدی، ف. (۱۳۸۵). کاربرد پردازش تصویر در رنگ‌سنجی سطح نان غنی شده با آرد سویا. هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی.

بی‌نام. (۱۳۷۷). مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. اندازه‌گیری ویژگیهای شیمیایی بیسکویت. استاندارد ملی ایران، شماره ۳۷. چاپ دوازدهم. تجدید نظر پنجم.

Ahrne, L., Andersson, C. G., Floberg, P., Rosen, J. & Lingert, H. (2007). Effect of crust temperature and water content on acrylamide formation during baking of white bread: Stream and falling temperature baking. *J. Agric. Food Chem.* 40, 1708-1715.

A-Mucci, L. & Adami, H. (2005). The role of epidemiology in understanding the relationship between dietary acrylamide and cancer risk in humans. *Chemistry and Safety of Acrylamide in Food*. pp:39-47.

Amrein, T., Schonbachler, B., Escher, F. & Amado, R. (2005). Factors influencing acrylamide formation in gingerbread. *Chemistry and Safety of Acrylamide in Food*, pp: 431-446.

Becalski, A., Lau, B. P. Y., Lewis, D. & Seaman, S. W. (2003). Acrylamide in foods: occurrence, sources and modeling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 802-808.

Brathen, E. & Halvor Knutsen, S. (2005). Effect of temperature and time on the formation of acrylamide in starch-based and cereal model systems, flat breads and bread. *Food Chemistry*, 92, 693-700.

Castle, L., Campos, M. J. & Gilbert, J. (1991). Determination of acrylamide in hydroponically grown tomato fruits by capillary gas chromatography-mass

International Journal of Hygiene and Environmental Health, 207, 463-471.

International Agency on Research on Cancer. (1994). In IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. In some industrial chemicals. Vol. 60, Acrylamide, Lyon, France, IARC 1994. PP: 389-433.

Keramat, J., Lebail, A., Prost, C. & Soltanizadeh, N. (2010). Acrylamide in Foods: Chemistry and Analysis. A Review. Food Bioprocess Technol., 10,1007.

Mottram, D. S., Wedzicha, B. L. & Dodson, A. T. (2002). Acrylamide is formed in the Maillard reaction. Nature, 419, 448-449.

Petersen, B. & Tran, N. (2005). Exposure to Acrylamide. Chemistry and Safety of Acrylamide in Food, pp: 63-76.

Sadd, P. & Hamlet, C. (2005). The Formation of Acrylamide in UK Cereal Products. Chemistry and Safety of Acrylamide in Food, pp: 415-429.

Stadler, R. (2005). Acrylamide formation in different foods and potential strategies for reduction. Chemistry and Safety of Acrylamide in Food, pp: 157-169.

Swedish National Food Administration. (2002). Information about acrylamide in food. 24 April 2002. www.slv.se.

Vass, M., Amrein, T. M., Schonbachler, B., Escher, F. & Amado, R. (2004). Ways to reduce acrylamide formation in cracker products. Czech Journal of Food Science, 22, 19-21.

Zhang, Y., Zhang, G. & Zhang, Y. (2005). Occurrence and analytical methods of acrylamide in heat-treated foods: Review and recent developments. Journal of Chromatography, 1075, 1-21.

Zhu, Y., Li, G., Duan, Y., Chen, S., Zhang, C. & Li, Y. (2008). Application of the standard addition method for the determination of acrylamide in heat-processed starchy foods by gas chromatography with electron capture detector. Food Chemistry, 109, 899-908.

[jstnar.srbiau.ac.ir](http://jstnar.srbiau.ac.ir)

jitn.srbiau.ac.ir