مطالعه اثر جایگزینی قند اینورت با ساکارز بر میزان آکریل آمید و سایر ویژگی‌های شیمیایی بیسکویت مادر و پتی بور

آرپا خچومیان[1]، راضیه نیازمند[2*]

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد واحد دامغان، سمنان
۲- گروه شیمی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، مشهد

(تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹٤/۲/٦)

چکیده

آکریل‌آمید ترکیبی سرطان‌زاست که در مواد غذایی غنی از کربوهیدرات مانند بیسکویت در دمای بالاتر از ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد تشکیل می‌شود. از آن جایی که بیسکویت یکی از پرمصرف‌ترین فراورده‌های آردی است، در پژوهش حاضر اثر جایگزینی قند اینورت در چهار سطح (صفر، ۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) بر میزان تشکیل آکریل‌آمید، میزان قند احیاء کننده، pH و اسیدیته و رطوبت دو نوع بیسکویت پتی‌بور و مادر مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از طرح فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی انجام شد و میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر مقایسه شدند. با جایگزینی قند اینورت در فرمول نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور و مادر مقادیر رطوبت، اسیدیته، قند احیاء روند افزایشی و pH روند کاهشی داشتند. محتوی آکریل‌آمید نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور و مادر در سطح جایگزینی ۱۰۰ درصد قند اینورت نسبت به نمونه شاهد، به ترتیب ۹۹/٤ و ۱۰۳/۹ واحد افزایش یافت و در مقادیر جایگزینی یکسان قند اینورت، اختلاف بین محتوی آکریل‌آمید دو نوع بیسکویت معنی‌دار بود.

کلید واژگان: آکریل‌آمید، بیسکویت، قند احیاء کننده، میلارد

* مسئول مکاتبات: r.niazmand@rifst.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

آکریل‌آمید[1] (۲-پروپن‌آمید)، با فرمول شیمیایی $CO-NH_2$- $CH_2=CH$، ترکیبی است که در مواد غذایی غنی از کربوهیدرات از جمله سیب‌زمینی، بیسکویت، نان برشته، کلوچه، قهوه و غیره در دمای بالاتر از ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد تشکیل می‌شود [۱]. آکریل‌آمید دارای اثرات سوء بر سلامتی انسان‌ها می‌باشد که از عمده‌ترین آنها سرطان‌زایی و اختلالات سیستم عصبی می‌باشد. از آن جایی که اختلالات سیستم عصبی در مقادیر بالا (۰/۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن در روز) اتفاق می‌افتد، بنابراین احتمال ایجاد این مشکل از طریق مواد غذایی وجود ندارد. ولی اثرات سرطان‌زایی و جهش‌زایی آن به طور گسترده در پژوهش‌ها به اثبات رسیده است. آکریل‌آمید باعث شکسته شدن کروموزوم‌ها و جهش ژن‌ها بخصوص جایگزینی آدنین با گوانین و سپس گوانین با سیتوزین در سلول‌های موش و انسان شده که با ایجاد تومورهایی در غده تیروئید، اندام تناسلی، غدد پستانی، ریه و مغز موش همراه بوده است [۲].

آکریل‌آمید به واسطه تغییر شکل چربی‌ها، تجزیه آمینواسیدها و پروتئین‌ها، تجزیه کربوهیدرات‌ها و واکنش میلارد بین آمینواسیدها یا پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها تشکیل می‌شود. همچنین آکریل‌آمید به واسطه آکرولئین نیز تشکیل می‌شود. آکرولئین دارای سه کربن آلدئید با ساختار بسیار شبیه آکریل-آمید است. به طور کلی تشکیل آکریل‌آمید از آکرولئین به دلیل تغییر شکل مستقیم آکریل‌آمید به وسیله‌ی واکنش با آمونیاک می‌باشد. فاکتورهایی مثل تفاوت در ترکیب غذا، تفاوت در پارامترهای فرایند و شرایط پخت نهایی می‌توانند میزان آکریل-آمید را در محصول نهایی تغییر دهند [۳].

بررسی‌های اولیه نشان داد که مسیر اصلی تشکیل آکریل‌آمید در مواد غذایی غنی از کربوهیدرات که حرارت‌دهی شده‌اند، فرایند قهوه‌ای شدن میلارد بوده و در نتیجه واکنش اسیدآمینه آسپارژین با قندهای احیاءکننده یا دیگر گروه‌های کربونیل فعال در دمای بالای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به وجود می‌آید. بنابراین هر عاملی که بر واکنش میلارد مؤثر باشد همانند فرمول غذا، pH، a_w، دما و زمان حرارت‌دهی می‌تواند بر تشکیل آکریل-آمید نیز اثر بگذارد. قابل ذکر است آکریل‌آمید در مواد غذایی جوشیده شده تشکیل نمی‌شود [٤].

نتایج بررسی‌های انجام شده توسط FDA و سازمان‌های غذایی چندین کشور مشخص کرد که میزان زیادی آکریل‌آمید در غلات فرایند شده مانند انواع بیسکویت، کراکر، انواع نان، کلوچه، کیک و همچنین قهوه و کاکائو وجود دارد [۲]. استفاده از گلوکز در شیرینی‌ها موجب افزایش خطی مقدار آکریل‌آمید شد در حالی که استفاده از ساکارز به جای گلوکز سرعت اولیه تشکیل آکریل‌آمید را در مدت زمان پخت ۱/۵ دقیقه کاهش داد [۵]. واس و همکاران در سال ۲۰۰٤، اثر جایگزینی شربت اینورت با ساکارز را در فرمول کراکرهای گندمی مورد مطالعه قرار دادند. بر طبق نتایج این محققین میزان آکریل‌آمید در کراکرها ٦۰ درصد کاهش یافت [٦]. تأثیر فرمول‌های مختلف (نوع و غلظت قند) خمیر در فراورده‌های غلات (کوکی‌ها) توسط گوکمن و همکاران در سال ۲۰۰۷ مورد مطالعه قرار گرفت. هیدروکسی‌متیل‌فورفورال به عنوان شاخص شیمیایی و به عنوان پیش‌ماده آکریل‌آمید برای ارزیابی کیفیت حرارتی فراوری مواد غذایی اندازه‌گیری شد. همچنین نتایج نشان داد که افزایش مقدار ساکارز در فرمول اثر کمتری روی کاهش آکریل‌آمید داشت. زیرا افزایش مقدار ساکارز از ۱۰ گرم به ۳۵ گرم در فرمول خمیر تقریباً منجر به دو برابر شدن آکریل‌آمید در طول پخت شد. این در حالی است که جایگزینی ساکارز با گلوکز پس از پخت در دمای ۲۰۵ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۱ دقیقه منجر به افزایش شدید میزان تشکیل آکریل‌آمید شد. دلیل این امر محدود بودن هیدرولیز ساکارز تحت شرایط مذکور بود [۷].

بیسکویت یکی از مهم‌ترین فراورده‌های آردی است که به علت سهولت تهیه، مدت ماندگاری بالا و همچنین ارزان بودن، تولید آن رواج زیادی دارد. همچنین انواع متفاوت آن، دوستداران زیادی در بین بزرگسالان و کودکان دارد. از این رو صنعت بیسکویت‌سازی در بسیاری از کشورها به سرعت در حال گسترش می‌باشد. از سوی دیگر گزارش‌های متعددی در ارتباط با تشکیل آکریل‌آمید در بیسکویت ارائه شده است. بنابراین با توجه به سرطان‌زا بودن آکریل‌آمید و در عین حال توسعه روزافزون صنایع تولید بیسکویت و مصرف این محصول در کشور، بررسی عوامل مؤثر در تشکیل آن و راهکارهای کاهش این ترکیب در بیسکویت ضروری بنظر می-رسد.

1. Acrylamide

Archive of SID

www.SID.ir

تحقیقات اندکی در زمینه امکان تشکیل آکریل‌آمید در بیسکویت انجام شده است اما تاکنون مطالعه‌ای در زمینه میزان آکریل‌آمید در بیسکویت‌های تولید شده در ایران انجام نشده است. از آن جایی که استفاده از قند اینورت در فرمول بیسکویت رایج می‌باشد، هدف از پژوهش حاضر بررسی اثرجایگزینی ساکارز با قند اینورت بر میزان تشکیل آکریل آمید و سایر ویژگی‌های دو نوع بیسکویت رایج در بازار ایران به نام پتی‌بور و مادر می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

مواد و محلول‌های شیمیایی از شرکت مرک خریداری شدند. بافرهای ٤ و ۷ از شرکت متلرتولیدو خریداری شدند. روغن قنادی از شرکت لادن، پروتئین آب پنیر و شیر خشک از شرکت پاک و وانیلین از شرکت چینی Xilang خریداری شدند. آرد نول مخصوص بیسکویت‌سازی تیپ ۲ و ۵ از شرکت آرد ستاره خریداری گردید.

۲-۲- تهیه بیسکویت

اثر درصدهای مختلف جایگزینی قند اینورت با شکر (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد) بر میزان تشکیل آکریل‌آمید در دو نوع بیسکویت پتی‌بور و مادر بررسی شد.

جهت تهیه بیسکویت پتی‌بور، ابتدا ٦۳ درصد آرد، ۱۱ درصد شیرین کننده (نسبت‌های ذکر شده از ساکارز و قند اینورت)، ۱۱ درصد روغن، دو درصد شیرخشک، یک درصد کلرید سدیم، ۲/۸ درصد بی‌کربنات سدیم، ۰/۳ درصد اسانس و ۹ درصد آب که مواد تشکیل دهنده اصلی بیسکویت پتی‌بور هستند با ترازوی Jenway1000 با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند و با هم‌زن برقی مخلوط شدند تا به صورت خمیر یکنواخت درآمد. سپس خمیر تهیه شده توسط غلتک به ضخامت ۵/۵ میلی‌متر درآمد و توسط قالب‌زن به قطعات کوچک تقسیم شد. بعد در آون با دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۸ دقیقه پخته شد. بیسکویت‌ها پس از سرد شدن در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

برای تهیه بیسکویت مادر ٦۳ درصد آرد، ۱۱ درصد شیرین کننده (نسبت‌های ذکر شده از ساکارز و قند اینورت)، ۸ درصد روغن، دو درصد شیرخشک، یک درصد کلرید سدیم، ۲/۸ درصد بی‌کربنات سدیم، ۰/۳ درصد اسانس، ۹ درصد آب و سه درصد تخم مرغ را با هم مخلوط کرده و مانند روش تهیه بیسکویت پتی‌بور آماده شدند. بیسکویت‌هایی که حاوی ساکارز، شیرخشک و بی‌کربنات سدیم بودند به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شدند.

۲-۳- آزمون‌ها

۲-۳-۱- رطوبت

بیسکویت‌ها پس از نمونه‌برداری با آسیاب پودر شدند. مقدار پنج گرم از نمونه آسیاب شده با ترازوی Jenway1000 با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شده و مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۳۷ رطوبت آنها اندازه‌گیری شد [۸].

۲-۳-۲- پروتئین خام

قسمتی از نمونه بیسکویت آسیاب شده، طوری‌که حداقل ۹۰ درصد آن قابل عبور از الک آزمایشگاهی با منفذ یک میلی‌متر بود. پس از نرم کردن کاملاً مخلوط و یکنواخت شد. سپس نمونه‌ای به وزن یک گرم با ترازوی Jenway1000 با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد و به بالن هضم دستگاه کلدال اتوماتیک (مدل Gerhardt، ساخت آلمان) منتقل شد. پس از انجام عمل هضم میزان پروتئین آن مطابق با روش استاندارد ملی ایران شماره ۳۷ اندازه‌گیری شد. درصد پروتئین خام بر اساس وزن نمونه خشک از فرمول ۱ بدست آمد [۸].

(۱)

$$\text{درصد پروتئین خام} = \frac{\left(\text{حجم اسید مصرفی شاهد} - \text{حجم اسید مصرفی نمونه}\right) \times \text{نرمالیته اسید} \times \frac{0}{0014008} \times 10000 \times 100}{\text{وزن نمونه} \times (100 - \text{درصد رطوبت نمونه})}$$

۲-۳-۳- pH

ده گرم بیسکویت آسیاب شده با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر تازه جوشیده شده کاملاً مخلوط شد و مدت ۲۰ دقیقه به صورت راکد ماند تا مواد ته‌نشین گردند. سپس pH محلول فوقانی به وسیله pHمتر (Metler Toledo MP220) که قبلاً توسط محلول بافر ٤ و ۷ (مدل Metler Toledo) تنظیم شده بود، اندازه‌گیری شد [۸].

Archive of SID

www.SID.ir

۲-۳-٤- قندهای ساده (منوساکاریدها و دی-ساکاریدها)

قندهای ساده به روش لین- آینون[1] اندازه‌گیری شدند. مقدار قند احیاءکننده بعد از هیدرولیز موجود در ۱۰۰ گرم نمونه مورد آزمایش از فرمول ۲ محاسبه و برحسب دکستروز (گلوکز) گزارش شد [۹].

(۲) =درصد قند احیاء (بر حسب دکستروز)

$$\frac{10\times10\times100\times100\times\text{فیلینگ میل}\times\text{فیلینگ کردن خنثی جهت نمونه محلول از مصرفی حجم}\times\text{نمونه وزن}}{10\times10}$$

۲-۳-۵- اسیدیته

مقدار سه گرم از روغن استخراجی از نمونه بیسکویت را در یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری وزن کرده و مقدار ۳۰ میلی‌لیتر الکل اتیلیک ۹٦ درصد خنثی شده و دو میلی‌لیتر محلول یک درصد فنل فتالئین در الکل به آن افزوده شد و با محلول سود ۰/۰۱ نرمال تا پیدایش رنگ صورتی کم‌رنگ و ثابت به مدت ۳۰ ثانیه تیتر شد. مقدار اسیدهای چرب آزاد بر حسب اسید اولئیک در ۱۰۰ گرم نمونه از فرمول ۳ محاسبه شد [۸].

(۳) =اسیدهای چرب آزاد بر حسب اسید اولئیک

$$\frac{28.2\times\text{نرمالیته سود محلول}\times\text{مصرفی سود حجم}}{\text{نمونه وزن}}$$

۲-۳-٦- آکریل‌آمید

اندازه‌گیری آکریل‌آمید مطابق دستور شرکت سازنده دستگاه Thermo Electron Corporation GC-MS (مدل Varian on trap Saturn 2200، ساخت کشور کانادا) انجام شد. یک گرم نمونه با استفاده از مخلوط‌کن با دور بالا با ۱۰ میلی‌لیتر آب مخلوط و سپس سانتریفوژ شد. پس از صاف کردن مخلوط (توسط کاغذ صافی با اندازه منافذ ۰/٤٥ میکرون) به سه میلی‌لیتر از آن ۳۰۰ میکرولیتر واکنش‌گر برمه‌کننده اضافه شد. پس از گذشت یک ساعت، یک قطره تیوسولفات سدیم به آن افزوده شد و به کمک دو میلی‌لیتر اتیل‌استات آکریل‌آمید استخراج شد. سپس دو میکرولیتر از محلول فوق به دستگاه GC-MS با ستون DB5 (۳۰ متر در ۲۵۰ میکرومتر در ۰/۲۵ میکرومتر) تزریق شد [۱۰]. برنامه دمایی دستگاه به شرح ذیل بود:

1. Lane- Eynon

-دمای آون: ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ دقیقه، دمای تزریق: ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، دمای Xfer line: ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، دمای دریچه: ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و حالت یونیزاسیون: CI.

منحنی کالیبراسیون مطابق شکل ۳-۱ با غلظت‌های صفر، ۵، ۱۰ و ۲۰ میکروگرم بر لیتر آکریل‌آمید رسم شد.

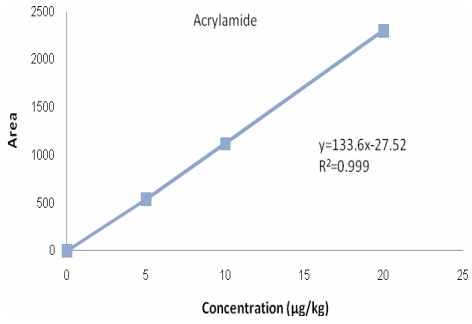

Fig 1 Calibration curve of Acrylamide

۲-٤- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام و در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 و بر اساس آزمون چند مرحله‌ای دانکن ($p<۰/۰۵$) با یکدیگر مقایسه شدند. نمودارها با نرم‌افزار Microsoft Excel 2010 ترسیم شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- رطوبت

نتایج بیانگر تأثیر معنی‌دار نوع و درصد قند مورد استفاده بر میزان رطوبت نمونه‌های بیسکویت مادر و پتی‌بور بود ($p<۰/۰۵$). همان‌طور که از شکل ۲ پیداست با کاهش مقدار قند ساکارز و افزایش درصد جایگزینی تا ۷۵ درصد قند اینورت در دو نوع بیسکویت پتی‌بور و مادر، مقدار رطوبت به‌ترتیب ۰/٤ و ۰/۳ درصد افزایش یافت. علت این امر را می‌توان به خصوصیت جذب و نگهداری آب بیشتر قند اینورت نسبت داد [۱۱]. کوچوک و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی خصوصیات شیمیایی نمونه‌های عسل به این نتیجه رسیدند که نمونه‌های دارای قند اینورت بالاتر دارای درصد رطوبت

Archive of SID
www.SID.ir

بالاتری در مقایسه با نمونه‌های دارای قند اینورت پایین‌تر بودند [۱۲].

اختلاف معنی‌داری بین رطوبت نمونه‌های بیسکویت تهیه شده با نسبت اینورت به ساکارز ۲۵:۷۵ و ۰:۱۰۰ مشاهده نشد ($p>0/05$). همچنین در مقادیر مشابه جایگزینی قند اینورت، بین میزان رطوبت دو نوع بیسکویت مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0/05$).

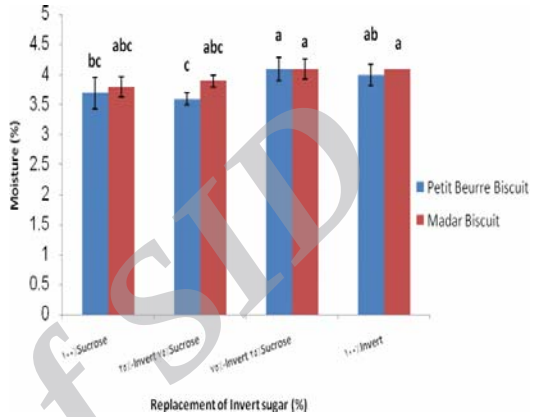

Fig 2 Effect ofreplacing sucrose with invert sugar on the moisture content of Petit Beurre and Madar biscuit samples. Data values are means±SD. Bars with the same letters are not significantly different at P< 0.05.

۳-۲- پروتئین

به طور کلی نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش میزان جایگزینی قند اینورت با ساکارز، اختلاف معنی‌داری بین مقدار پروتئین نمونه‌های بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر (شکل ۳) مشاهده نشد ($p>0/05$). از آن‌جایی که ساکارز یا قند اینورت جزء کربوهیدرات‌ها می‌باشند، این نتیجه قابل انتظار بود. همچنین در تمام مقادیر جایگزینی قند اینورت درصد پروتئین در نمونه‌های بیسکویت مادر نسبت به بیسکویت پتی‌بور به طور معنی‌داری بیشتر (به طور متوسط ۰/۶۱ درصد) بود ($p<0/05$). این امر به دلیل وجود تخم‌مرغ و درصد بالای پروتئین آرد تیپ ۵ در فرمول بیسکویت مادر در مقایسه با آرد تیپ ۲ مورد استفاده در فرمول بیسکویت پتی‌بور بود. تخم‌مرغ منبع غنی از پروتئین و اسیدهای آمینه است و به‌طور معمول دارای ۱۲/۸ تا ۱۳/۴ درصد پروتئین می‌باشد [۱۳]. در سال ۲۰۰۶ ریکوس و همکاران توانستند با استفاده از روش الکتروفورز طیف وسیعی از پروتئین‌های مختلف (اوآلبومین، کونالبومین و غیره) را در تخم‌مرغ شناسایی کنند [۱۴].

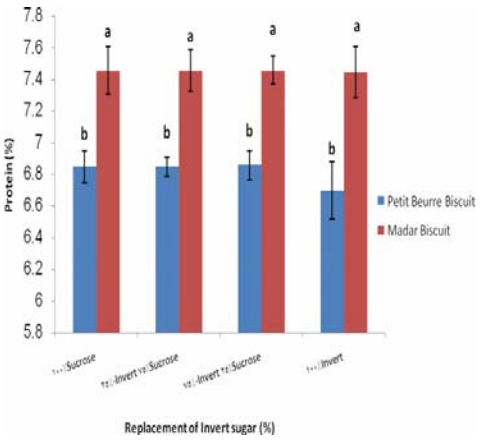

Fig 3 Effect of replacing sucrose with invert sugar on the protein content of Petit Beurre and Madar biscuit samples. Data values are means±SD. Bars with the same letters are not significantly different at P< 0.05.

۳-۳- pH

نتایج بیانگر کاهش معنی‌دار pH در نمونه‌های بیسکویت پتی-بور و مادر (شکل ٤) همگام با افزایش درصد جایگزینی قند اینورت با ساکارز بود ($p<0/05$). این امر به دلیل تشکیل قند اینورت در حضور اسید است که در نهایت pH آن با استفاده از اسید سیتریک خوراکی به ۵/۵ رسانده می‌شود. بنابرین با افزایش درصد جایگزینی قند اینورت مقدار pH محصول کاهش پیدا می‌کند [۱۵]. در مقادیر جایگزینی یکسان قند اینورت اختلاف معنی‌داری بین pH نمونه‌های بیسکویت پتی-بور و مادر مشاهده نشد ($p>0$).

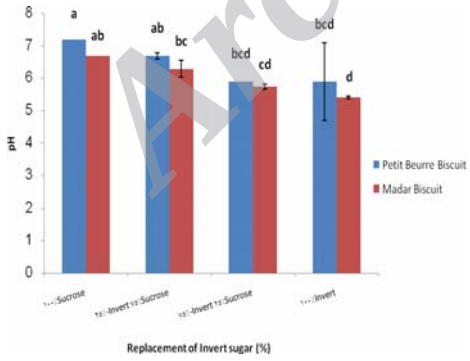

Fig 4 Effect ofreplacing sucrose with invert sugar on pH of Petit Beurre and Madar biscuit samples.Data values are means±SD. Bars with the same letters are not significantly different at *P*< 0.05.

Archive of SID
www.SID.ir

۳-٤- اسیدیته

با جایگزینی قند اینورت در فرمول نمونه‌های بیسکویت مادر (شکل ۵) تغییر معنی‌داری در مقدار اسیدیته آنها مشاهده نشد ($p>0/05$). در حالی که نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور حاوی قند اینورت از لحاظ اسیدیته با نمونه‌ی شاهد اختلاف معنی-داری را به نمایش گذاشتند ($p<0/05$). نتیجه تحقیق کوچوک و همکاران (۲۰۰۷) ثابت کرد که میزان اسیدیته کل در نمونه عسل با یک درصد قند اینورت بالاتر، حدود هفت درصد بیشتر از نمونه‌های دیگر بود [۱۲].

نتایج حاکی از اسیدیته پایین‌تر نمونه‌های بیسکویت مادر نسبت به پتی‌بور در مقادیر جایگزینی یکسان قند اینورت بود که البته این اختلاف معنی‌دار نبود ($p>0/05$).

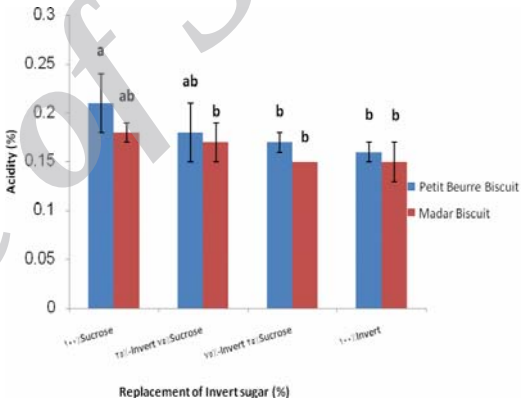

Fig 5 Effect of replacing sucrose with invert sugaron the acidity of Petit Beurre and Madar biscuits samples.Data values are means±SD. Bars with the same letters are not significantly different at $P< 0.05$.

۳-۵- قند احیاء

نتایج حاکی از اثر معنی‌دار جایگزینی قند اینورت بر محتوی قند احیاء بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر بود ($p<0/05$). با افزایش جایگزینی قند اینورت از صفر به ۱۰۰ درصد در نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور و مادر مقدار قند احیاء به ترتیب ۱٦/٤٤ و ۱٤/۹۳ درصد (شکل ٦) افزایش یافت که با توجه به احیاء بودن قند اینورت و غیراحیاء بودن ساکارز امری بدیهی است. همچنین اختلاف بین میزان قند احیاء نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور و مادر فقط در نسبت اینورت به ساکارز ۷۵:۲۵ با یکدیگر معنی‌دار بود ($p<0/05$).

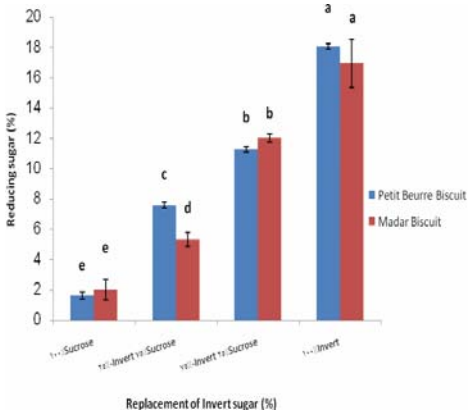

Fig 6 Effect of replacing sucrose with invert sugar on the reducing sugar content of Petit Beurre and Madar biscuit samples.Data values are means±SD. Bars with the same letters are not significantly different at $P< 0.05$.

۳-٦- آکریل‌آمید

شکل ۷ اثر جایگزینی قند اینورت در فرمول بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر بر محتوی آکریل‌آمید آنها را نشان می‌دهد. همگام با افزایش درصد جایگزینی قند اینورت، مقدار آکریل-آمید در نمونه‌های بیسکویت به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<0/05$). به طوری که با افزایش جایگزینی قند اینورت از صفر به ۱۰۰ درصد در نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور و مادر، محتوی آکریل‌آمید آنها به ترتیب ۹۹/٤ و ۱۰۳/۹ واحد افزایش یافت. همچنین در مقادیر جایگزینی یکسان قند اینورت، اختلاف بین محتوی آکریل‌آمید نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور و مادر معنی‌دار بود ($p<0/05$).

همان‌طور که پیش‌تر توضیح داده شد مسیر اصلی تشکیل آکریل‌آمید واکنش میلارد است. این واکنش بین قندهای احیاء-کننده و پروتئین تشکیل می‌شود. طبق اطلاعات تغذیه‌ای سازمان کشاورزی ایالت متحده آمریکا در سال ۲۰۱۲ هر تخم-مرغ با اندازه متوسط دارای ۷ گرم پروتئین می‌باشد که حدود ۱/۵ گرم آن را اسید آسپارتیک تشکیل می‌دهد. اسید آسپارتیک

Archive of SID
www.SID.ir

از راه تولید اسید آکریلیک تبدیل به آکریل‌آمید می‌شود [۱۷]. بنابرین مصرف تخم‌مرغ به عنوان منبع غنی پروتئین، همچنین آرد نول تیپ پنج در فرمول بیسکویت مادر موجب افزایش میزان پروتئین در محیط و به تبع آن افزایش میزان اسیدآمینه-های اسید آسپارتیک و آسپاراژین و در نهایت آکریل‌آمید شد.

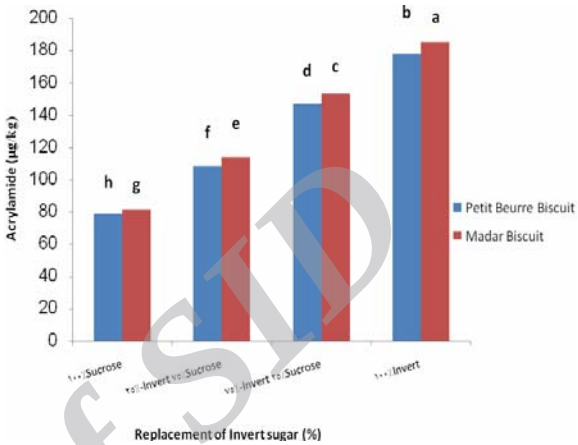

Fig 7 Effect of replacing sucrose with invert sugar on the acrylamide amount of Petit Beurre and Madar biscuit samples.Data values are means±SD. Bars with the same letters are not significantly different at $P< 0.05$.
in Petit Beurre and Madar biscuit samples

گراف و همکاران (۲۰۰۶)، اثر ساکارز را بر بیسکویت نیمه آماده بررسی کردند. نتیجه مطالعات این بود که استفاده از ساکارز به‌جای قند اینورت در فرمول باعث ۷۰ درصد کاهش در مقدار آکریل‌آمید شد [٤]. در مطالعه دیگری دانشمندان اثر جایگزینی ساکارز با قند اینورت را در فرمول کراکرهای گندمی مورد مطالعه قرار دادند. بر طبق نتایج این محققین با مصرف ساکارز به جای شربت اینورت مقدار آکریل‌آمید ٦٠ درصد کاهش یافت [٦].

رابطه بین محتوی قند احیاء و مقدار آکریل‌آمید تشکیل شده در نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور و مادر در شکل ۸ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که با افزودن قند اینورت به فرمول نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور و مادر و در نتیجه افزایش محتوی قند احیاء آنها، مقدار آکریل‌آمید تشکیل شده در نمونه‌های بیسکویت به طور خطی افزایش می‌یابد که بیانگر همبستگی شدید بین لزوم وجود قند احیاء کننده در فرمول و تشکیل آکریل‌آمید می‌باشد.

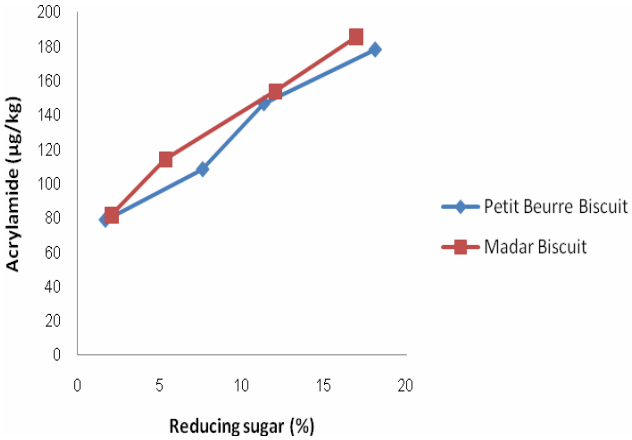

Fig 8 Correlation of reducing sugar and acrylamide formation with different amounts of invert sugar in Petit Beurre and Madar biscuit samples

جدول ۱ ضرایب رگرسیون بین آکریل‌آمید و قند احیاء را در بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر تهیه شده با درصدهای جایگزینی مختلف قند اینورت نشان می‌دهد. نتایج بیانگر معنی‌دار بودن مدل خطی به‌دست آمده برای هر دو نوع بیسکویت مورد مطالعه و ضریب تبیین (R^2_{adj}) بالای آن است. Lack of Fit به دست آمده برای مدل بیسکویت پتی‌بور معنی‌دار بوده در حالی که در مورد مدل به دست آمده برای بیسکویت مادر معنی‌دار نمی‌باشد. این نتیجه بدین معنی است که رابطه خطی به دست آمده برای بیسکویت مادر قابل استفاده برای پیش‌بینی مقدار آکریل‌آمید تشکیل شده با توجه به میزان قند احیاء آن می‌باشد در حالی که مدل به‌دست آمده برای بیسکویت پتی‌بور تنها به عنوان یک پیشنهاد قابل استفاده است.

Archive of SID
www.SID.ir

Table 1 Linear model regression coefficients of acrylamide and reducing sugar amounts in Petit Beurre and Madar biscuit samples with different percentage of invert sugar replacement

Factor	Petit Beurre	Madar
Model	67.64+(Reducing sugar amount *6.25)	72.42+(Reducing sugar amount *6.74)
R^2_{adj}	0.98	0.99
p-value (Regression)	0.00	0.00
p-value (Lack of Fit)	0.003	0.1

بر اساس نتایج گوکمن و همکاران (۲۰۰۷) جایگزینی کل یا قسمتی از قند احیاءکننده (فروکتوز و گلوکز) با ساکارز تأثیر قابل توجهی در کاهش میزان آکریل‌آمید در فراورده‌های نانوایی داشت [۷]. همچنین نتایج نشان داد که افزایش مقدار ساکارز در فرمول اثر کمتری روی افزایش آکریل‌آمید در مقایسه با جایگزینی ساکارز با گلوکز داشت. زیرا افزایش مقدار ساکارز از ۱۰ گرم به ۳۵ گرم در فرمول خمیر تقریباً منجر به دو برابر شدن میزان تشکیل آکریل‌آمید در طول پخت شد. این در حالی است که جایگزینی ساکارز با گلوکز پس از پخت در دمای ۲۰۵ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۱ دقیقه منجر به ۵۰ درصد افزایش در میزان تشکیل آکریل‌آمید شد. دلیل این امر محدود بودن هیدرولیز ساکارز تحت شرایط مذکور بود. گوکمن و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که افزایش غلظت شکر در فرمول بیسکویت باعث افزایش تشکیل مقدار آکریل‌آمید در دمای پخت ۲۰۵ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۱۱ دقیقه شد [۷]. همچنین کرامت و همکاران در سال ۲۰۱۱ در پژوهش-های خود دریافتند استفاده از گلوکز در شیرینی‌ها موجب افزایش خطی مقدار آکریل‌آمید شد، در حالی که استفاده از ساکارز به جای گلوکز سرعت اولیه تشکیل آکریل‌آمید را در مدت زمان پخت ۱/۵ دقیقه کاهش داد [۵]. طی پژوهش روی میزان تشکیل آکریل‌آمید در سیب‌زمینی سرخ شده، سانی و همکاران (۲۰۱۲) به این نتیجه رسیدند که ضمن کنترل دما و زمان حرارت‌دهی، با انتخاب سیب‌زمینی‌هایی که دارای قند احیاء کننده کمتری هستند، می‌توان میزان این ترکیب سمی را در آنها کاهش داد [۱۷].

٤- نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج پژوهش حاضر بیانگر این مطلب بود که جایگزینی قند اینورت با ساکارز در فرمول بیسکویت‌های پتی بور و مادر، ضمن تغییر برخی ویژگی‌های شیمیایی، میزان آکریل آمید را به طور چشمگیری کاهش داد. از این رو علی-رغم تمایل کارخانجات صنایع غذایی به مصرف قند اینورت در فراورده‌های پخت، پیشنهاد می شود که جهت ایجاد محصولات ایمن‌تر و جلوگیری از بروز بیماری‌های ناشی از حضور آکریل آمید در مواد غذایی و ایجاد جامعه سالم‌تر با توجه به پرمصرف بودن فراورده‌های نانوایی به این مهم توجه نموده و قوانین و استانداردهای لازم را در ارتباط با مصرف قند اینورت در این فراورده‌ها تدوین نمایند.

٥- منابع

[1] Codex alimentarius, 2003. Discussion paper on acrylamide. Available from: http://www.codexalimentarius.com/CX/FAC 04/36/34, Rotterdam, Netherlands.

[2] 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.

[3] Ciesarova, Z., Kiss, E., Boegl, P. 2006. Impact of L-asparaginase on acrylamide content in potato products. Journal of Food and Nutrition Research, 45: 141- 146.

[4] 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

Archive of SID

www.SID.ir

of three honeys of different types from Anatolia. Food Chemistry, 100: 526- 534.
[13] Mine, Y., Zhang, H. 2013. Chapter 5- Egg components in food systems. Biochemistry of Foods. 3rd edn., Canada: Department of food science, 26 p.
[14] Raikos, V., Hansen, R., Campbell, L., Euston, S.R. 2006. Separation and identification of hen egg protein isoforms using SDS–PAGE and 2D gel electrophoresis with MALDI-TOF mass spectrometry . Food Chemistry, 99: 702- 710.
[15] Rajabzadeh, N., 2007. The basis of cereal technology. Ed. 2. Tehran Press. Tehran. pp: 572.
[16] Yaylayan, V., Locas, C., Wnorowski, A., O`Brien, J. 2005. Mechanistic pathways of formation of acrylamide from different amino acids. Advances in Experimental Medicine and Biology, 561: 191-203.
[17] Sanny, M., Jinap, S., Bakker, E.J., Van Boekel, M.A.J.S., Luning, P.A. 2012. Is lowering reducing sugars concentration in french fries. Effective measure to reduce acrylamide concentration in food service establishments. Food Chemistry, 135: 2012- 2020.
[5] Keramat, J., lebali, A., Prost, C., Jafari, M. 2011. Acrylamid in baking products: Journal of Food Bioprocess Technology, 4: 530- 543.
[6] Vass, M., Amrein, T. M., Schonbachler, B., Escher, F., Amado`, R. 2004. Ways to reduce the acrylamide formation in cracker products. Czech Journal of Food Science, 22: 19–21.
[7] Gökmen, V., Senyuva, H.Z. 2007. Acrylamide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction. Journal of Food Chemistry, 103: 196- 203.
[8] ISIRI, Institute of Standard and Industerial Research of Iran. 2009. Biscuits: properties and methods of measurements. No. 37. Ed. 6.
[9] ISIRI, Institute of Standard and Industerial Research of Iran. 2006. Cakes: properties and methods of measurements. No. 2553. Ed. 3.
[10] Biedermann, M., Biedermann-Berm, S., Noti, A. 2002. Two GC-MS methods for the analysis of acrylamide in foodstuffs. Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchung und Hygiene, 93: 638- 652.
[11] Payan, R., 2004. Introduction to technology of cereal products. Ed. 2. Nopardazan Press. Tehran. pp: 313.
[12] Kucuk, M., Kolayli, S., Karaoglu, S., Ulusoy, E., Baltaci, C., Candan, F. 2007. Biological activities and chemical composition

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of replacing sucrose with invert sugar on Acrylamide Content and other chemical characteristic of Petit Beurre and Madar Biscuits

Khechomian, A. [1], Niazmand, R.[2*], Shahidi Noghabi, M. [2]

1. MSc. Student of Food Science &Technology, Islamic Azad University, Damghan Branch, Iran
2. Assistant professor, Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

(Received: 93/10/28 Accepted: 94/2/6)

Acrylamide is a chemical compound that is produced in starchy foods such as biscuits at temperature higher than 120°C and there is concern about its carcinogenic properties. Since biscuit is one of the most consumed floury products, the objective of this research is assay the effect of invert sugar replacement in four levels (0, 25, 75 and 100) on acrylamide content, reducing sugar, pH, acidity content and moisture. Data were analyzed in a factorial design using ANOVA followed by Duncan's multiple–range test at $P<0.05$. The use of invert sugar syrup instead of sucrose solution in Petit Beurre and Madar biscuits increased the content of moisture, acidity and reducing sugar but decreased pH. The replacement of sucrose solution by 100 % invert sugar increased the content of acrylamide in Petit Beurre and Madar biscuit samples 99.4 and 103.9 ppb, respectively. The difference of acrylamide contents of biscuits in similar percentage replacement of invert sugar was considerable.

Keywords: Acrylamide; Biscuit, Mailard, Reducing sugar

Archive of SID

[*] Corresponding Author E-Mail Address: r.niazmand@rifst.ac.ir

www.SID.ir