

## اثر پودر آب پنیر و بی کربنات سدیم بر مقدار آکریل آمید در بیسکویت های پتی - بور و مادر

راضیه نیازمند<sup>1\*</sup>، آرپا خچومیان<sup>2</sup>، مصطفی شهیدی نوقابی<sup>1</sup>

1- استادیار گروه شیمی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، مشهد  
\* نویسنده مسئول (r.niazmand@rifst.ac.ir)

2- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، سمنان

تاریخ دریافت: 93/10/06

تاریخ پذیرش: 94/03/25

### واژه های کلیدی

آکریل آمید

بیسکویت

بی کربنات آمونیوم

شیرخشک

### چکیده

آکریل آمید ترکیبی سرطان زاست که مواد غذایی غنی از کربوهیدرات مانند بیسکویت مستعد تشکیل آن می باشند. از آنجایی که بیسکویت یکی از پرمصرف ترین فرآورده های آردی به عنوان میان وعده به ویژه در بین کودکان است؛ در پژوهش حاضر اثر جایگزینی شیرخشک با پودر آب پنیر در سه سطح (25، 75 و 100 درصد) و اثر جایگزینی بی- کربنات سدیم با بی کربنات آمونیوم و بکینگ پودر بر میزان آکریل آمید، قند احیاء، پروتئین، رطوبت، pH و اسید قابل تیتر در دو نوع بیسکویت پتی بور و مادر بررسی شد. با افزایش درصد جایگزینی پودر آب پنیر در دو نوع بیسکویت پتی بور و مادر، pH تنها در نمونه های بیسکویت تهیه شده از شیرخشک کامل و پودر آب پنیر کامل با یکدیگر تفاوت معنی دار نشان داد. همچنین میزان پروتئین روند کاهشی و اسید قابل تیتر و قند احیاء روند افزایشی نشان دادند. میزان آکریل آمید در سطح جایگزینی 100 درصد پودر آب پنیر نسبت به نمونه شاهد در بیسکویت مادر و پتی بور به ترتیب 11/9 و 4/1 درصد کاهش یافت. با جایگزینی بی کربنات سدیم با بکینگ پودر در فرمول نمونه های بیسکویت، pH کاهش و اسید قابل تیتر افزایش یافت. در صورت استفاده از بی کربنات سدیم در فرمول بیسکویت های پتی بور و مادر، محتوی قند احیاء به طور معنی داری کمتر بود. کمترین و بیشترین میزان آکریل آمید به ترتیب در نمونه های بیسکویت حاوی بی کربنات سدیم و بی کربنات آمونیوم مشاهده شد.

های این مرکز بیانگر اثرات سوء آکریل آمید بود (Claus

et al., 2008; Boroushaki, 2010).

ایجاد جهش و سرطان زایی از عمده ترین اثرات سوء آکریل آمید در انسان است. این عارضه در اثر شکستن کروموزوم ها و جهش در ژن ها و در نهایت ایجاد تومور- هایی در غدد و اندام های مختلف انسان به وجود می آید (Parzefall, 2008).

میزان آکریل آمید دریافتی به طور متوسط برای بزرگسالان 0/3 تا 0/6 میکروگرم بر کیلوگرم و برای کودکان 0/4 تا 0/6 میکروگرم بر کیلوگرم به ازاء هر

### مقدمه

در سال 1994، آژانس بین المللی تحقیقات سرطان، آکریل آمید را در گروه ترکیب سرطان زای احتمالی برای انسان طبقه بندی کرد و از آن پس این ترکیب بسیار مورد توجه و نگرانی عموم قرار گرفت (Codex, 2003). برای اولین بار در آوریل 2002، اندازه گیری میزان بالای آکریل آمید در مواد غذایی حرارت دیده غنی از نشاسته توسط مرکز تحقیقات ملی مواد غذایی سوئد با همکاری دانشگاه استکهلم انجام شد. گزارش-

پروتئین آمارانت<sup>1</sup> به فرمول بیسکویت و چیپس تورتیلا تأثیر زیادی در کاهش تشکیل میزان آکریل‌آمید بدون تغییر در رنگ و بافت محصول داشت.

بیسکویت یکی از مهم‌ترین فراورده‌های آردی است که به علت سهولت تهیه، مدت ماندگاری بالا و همچنین ارزان بودن، تولید آن گسترش بسیاری یافته است و بسیاری از بزرگسالان و کودکان انواع متفاوت آن را مصرف می‌کنند. اما گزارش‌های متعددی در ارتباط با تشکیل آکریل‌آمید در بیسکویت ارائه شده است (Sirot *et al.*, 2012; Claus *et al.*, 2008; Mustafa, 2008). بنابراین با توجه به سرطان‌زا بودن آکریل‌آمید و در عین حال توسعه روزافزون صنایع تولید بیسکویت و مصرف این محصول در کشور، بررسی راهکارهای کاهش این ترکیب در بیسکویت ضروری به نظر می‌رسد. تحقیقات اندکی در زمینه امکان تشکیل آکریل‌آمید در بیسکویت به‌ویژه در بیسکویت‌های تولید شده در ایران انجام شده است. از این رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر جایگزینی شیرخشک با پودر آب‌پنیر و همچنین تغییر نوع عامل وراورنده بر مقدار تشکیل آکریل‌آمید و سایر ویژگی‌های دو نوع بیسکویت رایج در بازار ایران به نام پتی‌بور و مادر انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### مواد اولیه

مواد و محلول‌های شیمیایی از شرکت مرک خریداری شدند. بافرهای 4 و 7 از شرکت متلر تولیدو<sup>2</sup> خریداری شدند. روغن فنادی از شرکت لادن، پروتئین آب پنیر و شیر خشک از شرکت پاک و وانیلین از شرکت چینی گزیلانگ<sup>3</sup> خریداری شدند. آرد نول مخصوص بیسکویت‌سازی تیپ 2 و 5 از شرکت آرد ستاره خریداری گردید.

### تهیه بیسکویت

جهت تهیه بیسکویت پتی‌بور، ابتدا 630 گرم آرد، 110 گرم شکر، 110 گرم روغن، 20 گرم شیرخشک

کیلوگرم وزن بدن برآورد شده است که می‌توان مقدار کمی بالاتر را در کودکان به دلیل تمایل بیشتر آنها به مصرف غذاهای غنی از آکریل‌آمید مثل سیب‌زمینی سرخ شده و چیپس دانست. البته غذاهای حاوی آکریل‌آمید بالا در کشورهای مختلف بر اساس الگوی مصرف و روش‌های آماده‌سازی آنها متفاوت است. به عنوان مثال میانگین جذب آکریل‌آمید دریافتی در سودان، آلمان و نروژ به ترتیب 0/5، 0/48 و 0/36 میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز می‌باشد (Keramat *et al.*, 2011).

تشکیل آکریل‌آمید از طریق واکنش میلارد، یکی از قابل قبول‌ترین نظریه‌های موجود است. واکنش میلارد بیشتر مسئول طعم و آروما در غذاهای حرارت دیده است. طی این واکنش قندهای احیاءکننده با اسیدهای آمینه آزاد واکنش می‌دهند و باعث تشکیل باز شیف و در نهایت آکریل‌آمید می‌شوند (Granda, 2005).

با توجه به این که بسیاری از فراورده‌های غذایی حرارت دیده مستعد تشکیل آکریل‌آمید می‌باشند، تلاش‌های فراوانی جهت کاهش تشکیل این ترکیب سرطان‌زا از طریق اعمال فرآیندهای مقدماتی یا اصلاح شرایط فرآیند انجام شده است که از آن جمله می‌توان به خیساندن در آب یا محلول نمک (Pedreschi *et al.*, 2010)، استفاده از آنزیم آسپارژیناز (Pedreschi *et al.*, 2008)، آنزیم‌بری (EL-Saied *et al.*, 2008)، استفاده از امواج مایکروویو (Erdogdu *et al.*, 2007)، افزودن آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی (Ou *et al.*, 2010) و استفاده از روغن‌های سرخ کردنی با پایداری بیشتر (Arribas-Lorenzo *et al.*, 2009) اشاره نمود.

فرآیندهای بی‌کربنات آمونیوم مورد استفاده در خمیر با افزایش pH، موجب افزایش میزان آکریل‌آمید و تسریع واکنش بین آسپارژین و گروه‌های کربونیل فعال می‌شود. Amrein و همکاران (2004)، اثر بی‌کربنات آمونیوم را بر نان‌های زنجبیلی بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که جایگزینی بی‌کربنات آمونیوم با بی‌کربنات سدیم منجر به کاهش قابل توجه میزان آکریل‌آمید در این نوع نان‌ها شد. Salazar و همکاران (2012)، طی پژوهش‌های خود دریافتند که افزودن

<sup>1</sup> Amaranthus

<sup>2</sup> Mettler Toledo

<sup>3</sup> Xilang

**آزمون‌ها****مقدار رطوبت**

بیسکویت‌ها پس از نمونه‌برداری با آسیاب پودر شدند. مقدار پنج گرم از نمونه آسیاب شده با ترازوی Jenway1000 با دقت 0/001 گرم وزن شده و مطابق با استاندارد ملی ایران شماره 37 میزان رطوبت آنها بر حسب درصد (وزن مرطوب) اندازه‌گیری شد (استاندارد ملی ایران، 1388).

**مقدار پروتئین خام**

قسمتی از نمونه بیسکویت آسیاب شده، طوری که حداقل 90 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 0/001 گرم توزین شد و به بالن هضم دستگاه کج‌دال اتوماتیک (مدل Gerhardt، ساخت آلمان) منتقل شد. پس از انجام عمل هضم میزان پروتئین آن مطابق با روش استاندارد ملی ایران شماره 37 اندازه‌گیری شد. درصد پروتئین خام بر اساس وزن نمونه خشک از فرمول 1 بدست آمد (استاندارد ملی ایران، 1388).

(فرمول 1)

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

**مقدار قند احیاء**

قندهای ساده به روش لین-آینون<sup>1</sup> اندازه‌گیری شدند. مقدار قند احیاء‌کننده موجود در 100 گرم نمونه مورد آزمایش از فرمول 2 محاسبه و برحسب دکستروز (گلوکز) گزارش شد (استاندارد ملی ایران، 1385).

**مقدار pH**

ده گرم بیسکویت آسیاب شده با 100 میلی‌لیتر آب مقطر تازه جوشیده شده کاملاً مخلوط شد و مدت 20 دقیقه به صورت راکد ماند تا مواد ته‌نشین گردند. سپس pH محلول فوقانی به وسیله pH متر (مدل Mettler Toledo MP220) که قبلاً توسط محلول بافر 4 و 7 تنظیم شده بود، اندازه‌گیری شد (استاندارد ملی ایران، 1388).

<sup>1</sup>Lane- Eynon

(فرمول 2)

$$\text{وزن نمونه} \times \text{حجم مصرفی از محلول نمونه جهت خنثی کردن فلهلینگ} \times \text{عیار فلهلینگ} \times 100 \times 100 \times 100 = \frac{\text{درصد قند احیا کننده (بر حسب دکستروز)}}{100 \times 10}$$

اسید قابل تیتر

مقدار سه گرم از روغن استخراجی از نمونه بیسکویت را در یک ارلن مایر 250 میلی لیتری وزن کرده و مقدار 30 میلی لیتر الکل اتیلیک 96 درصد خنثی شده و 2 میلی لیتر محلول یک درصد فنل فتالئین در الکل به آن افزوده شد و با محلول سود 0/01 نرمال تا پیدایش رنگ صورتی کم رنگ و ثابت به مدت 30 ثانیه تیتر شد. مقدار اسیدهای چرب آزاد بر حسب اسید اولئیک در 100 گرم نمونه از رابطه 3 محاسبه شد (استاندارد ملی ایران، 1388).

(فرمول 3)

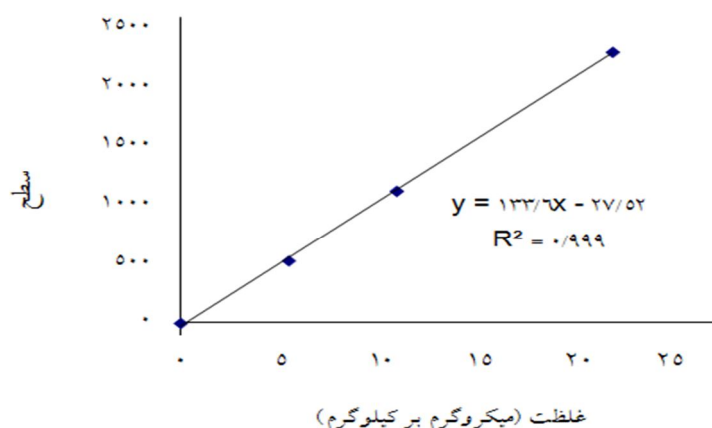
$$\text{اسیدهای چرب آزاد بر حسب اسید اولئیک} = \frac{28/2 \times \text{نرمالیتة محلول سود مصرفی} \times \text{حجم سود مصرفی}}{\text{وزن نمونه}}$$

مقدار آکریل آمید

اندازه گیری آکریل آمید مطابق دستور شرکت سازنده دستگاه Thermo Electron Corporation GC-MS (مدل Varian on trap Saturn 2200، ساخت کشور کانادا) انجام شد (Biedermann et al., 2002). یک

گرم نمونه با استفاده از مخلوط کن با دور بالا با 10 میلی لیتر آب مخلوط و سپس سانتریفوژ شد. پس از صاف کردن مخلوط (توسط کاغذ صافی با اندازه منافذ 0/45 میکرون) به سه میلی لیتر از آن 300 میکرو لیتر واکنش گر برمه کننده اضافه شد. پس از گذشت یک ساعت، یک قطره تیوسولفات سدیم به آن افزوده شد و به کمک دو میلی لیتر اتیل استات آکریل آمید استخراج شد. سپس دو میکرو لیتر از محلول فوق به دستگاه GC-MS با ستون DB5 (30 متر در 250 میکرومتر در 0/25 میکرومتر) تزریق شد (Biedermann et al., 2002). حالت یونیزاسیون به صورت CI و برنامه دمایی دستگاه به شرح ذیل بود:

-دمای آون: 110 درجه سانتی گراد به مدت 12 دقیقه  
-دمای تزریق: 180 درجه سانتی گراد  
-دمای Xfer line: 180 درجه سانتی گراد  
-دمای دریچه: 120 درجه سانتی گراد.  
منحنی کالیبراسیون مطابق شکل 1 با غلظت های صفر، 5، 10 و 20 میکروگرم بر لیتر آکریل آمید رسم شد.



شکل 1- منحنی کالیبراسیون آکریل آمید

## 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 دامنه‌ای دانکن ( $P < 0/05$ ) با یکدیگر مقایسه شدند. نمودارها با نرم‌افزار Microsoft Excel 2010 ترسیم شدند.

## نتایج و بحث

## اثر جایگزینی شیرخشک با پودر آب پنیر

نتایج بیانگر این مطلب بود که با افزایش درصد جایگزینی پودر آب پنیر تغییر معنی‌داری در محتوی رطوبت دو نوع بیسکویت پتی‌بور و مادر مشاهده نشد ( $P > 0/05$ ). دلیل این امر را می‌توان به یکسان بودن تقریبی درصد رطوبت شیرخشک و پودر آب پنیر نسبت داد. همچنین دو نوع بیسکویت مورد مطالعه با درصد پودر آب پنیر مصرفی یکسان از لحاظ مقدار

رطوبت اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند ( $P > 0/05$ ).

جدول 1 اثر جایگزینی پودر آب پنیر با شیرخشک را بر میزان پروتئین بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود افزایش درصد جایگزینی پودر آب پنیر با کاهش معنی‌دار مقدار پروتئین در هر دو نوع بیسکویت مورد مطالعه همراه بود ( $P < 0/05$ )، طوری که با افزایش درصد پودر آب پنیر از صفر تا 100 درصد، میزان پروتئین در بیسکویت پتی‌بور 1/29 درصد و در بیسکویت مادر 1/34 درصد کاهش یافت. Watt و Merill (1963) بیان کردند که مقدار پروتئین پودر شیرخشک حدود سه برابر، بیش از پودر آب پنیر است. در میزان جایگزینی مشابه پودر آب پنیر میزان پروتئین در بیسکویت مادر به‌طور معنی‌داری بیش از بیسکویت پتی‌بور بود ( $P < 0/05$ ). به‌طور کلی به دلیل اجزاء متفاوت فرمول، درصد پروتئین بیسکویت مادر از بیسکویت پتی‌بور بیشتر بود.

## جدول 1- اثر درصد جایگزینی پودر شیرخشک با آب پنیر بر مقدار پروتئین، pH، اسید قابل تیتر و قند احیاء بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر

نوع بیسکویت	درصد جایگزینی پودر آب-پنیر	پروتئین (درصد)	pH	اسید قابل تیتر (درصد)	قند احیاء (درصد)
پتی‌بور	صفر	6/85 <sup>bc</sup>	7/20 <sup>a</sup>	0/15 <sup>a</sup>	1/67 <sup>e</sup>
	25	6/7 <sup>c</sup>	6/74 <sup>ab</sup>	0/17a <sup>b</sup>	2/54 <sup>de</sup>
	75	5/72 <sup>f</sup>	6/36 <sup>bc</sup>	0/20 <sup>abc</sup>	7/10 <sup>b</sup>
	100	5/56 <sup>f</sup>	6/01 <sup>c</sup>	0/21 <sup>c</sup>	8/47 <sup>a</sup>
مادر	صفر	7/46 <sup>a</sup>	6/70 <sup>ab</sup>	0/15 <sup>a</sup>	2/04 <sup>de</sup>
	25	7/27 <sup>ab</sup>	6/40 <sup>bc</sup>	0/16 <sup>abc</sup>	3/14 <sup>c</sup>
	75	6/21 <sup>d</sup>	6/21 <sup>bc</sup>	0/17 <sup>bc</sup>	6/70 <sup>b</sup>
	100	6/12 <sup>d</sup>	5/94 <sup>c</sup>	0/19 <sup>c</sup>	8/19 <sup>a</sup>

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است ( $P < 0/05$ ).

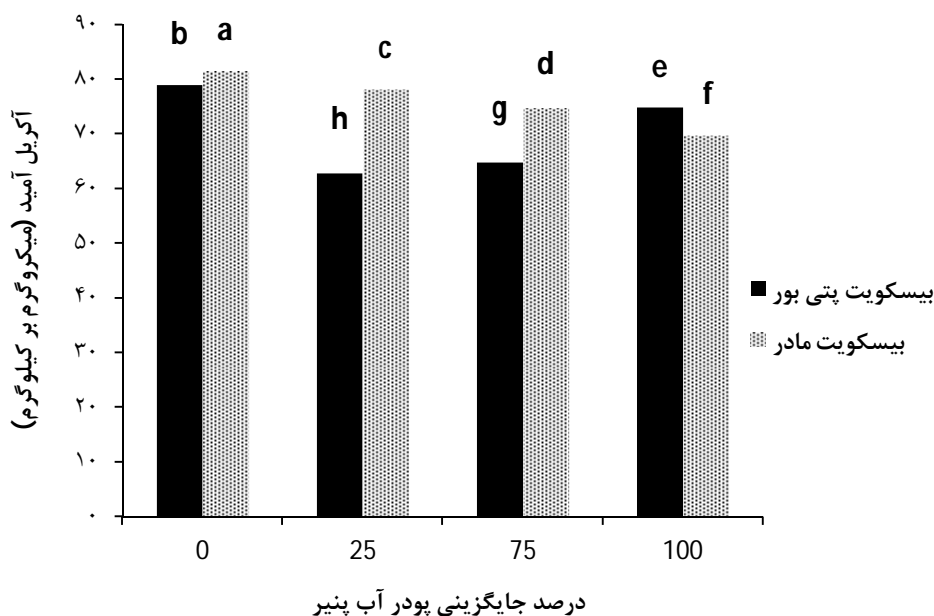
1387). دو نوع بیسکویت مورد مطالعه در درصد پودر آب پنیر مصرفی یکسان از لحاظ pH اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ( $P > 0/05$ ). همان‌طور که در جدول 1 مشاهده می‌شود با افزایش درصد جایگزینی پودر آب پنیر در فرمول، اسید قابل تیتر هر دو نوع بیسکویت مورد مطالعه به‌طور تدریجی افزایش یافت اما این افزایش فقط در نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ).

نتایج حاکی از این بود که با افزایش درصد پودر آب پنیر به جای شیرخشک، pH در هر دو بیسکویت پتی‌بور و مادر به‌طور تدریجی کاهش (به‌طور متوسط 1/19 درصد) یافت (جدول 1). اما این تغییر تنها در نمونه‌های بیسکویت تهیه شده از شیرخشک کامل و پودر آب پنیر کامل معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ). کاهش pH را می‌توان به پایین بودن pH پودر آب پنیر در مقایسه با شیرخشک نسبت داد (استاندارد ملی ایران،

نتایج تجزیه واریانس بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌های بیسکویت تهیه شده با مقادیر متفاوت جایگزینی شیرخشک با پودر آب پنیر از نظر میزان آکریل‌آمید بود ( $P < 0/05$ ). همان‌طوری که در شکل 2 مشاهده می‌شود با افزایش درصد جایگزینی پودر آب پنیر در بیسکویت مادر میزان آکریل‌آمید 11/9 واحد کاهش یافت در حالی که تغییر میزان آکریل‌آمید در بیسکویت پتی‌بور از روند مشخصی تبعیت نمی‌کرد. بیشترین مقدار آکریل‌آمید در این نوع بیسکویت در جایگزینی صفر و سپس 100 درصد پودر آب پنیر مشاهده شد. با افزایش درصد جایگزینی پودر آب پنیر در بیسکویت مادر، هر چند درصد قند احیاء (یکی از پیش‌فاکتورهای تشکیل آکریل‌آمید) افزایش یافت؛ اما میزان آکریل‌آمید کاهش یافت. Watt و Merill (1963) طی تحقیقات خود دریافتند که مقدار پروتئین پودر شیرخشک سه برابر بیشتر از پودر آب پنیر است در حالی که مقدار کربوهیدرات پودر آب پنیر تنها دو برابر بیشتر از شیرخشک می‌باشد. بنابراین کاهش میزان آکریل‌آمید می‌تواند به دلیل کاهش میزان پروتئین در پودر آب پنیر در مقایسه با شیرخشک و به تبع آن کاهش پروتئین و آکریل‌آمید در بیسکویت مادر باشد.

دلیل افزایش درصد اسید قابل تیتر، می‌تواند به بالا بودن میزان اسید قابل تیتر پودر آب پنیر در مقایسه با شیرخشک مربوط باشد (Mavropoulou & Kosikowski, 1972). شایان ذکر است که در درصد جایگزینی یکسان پودر آب پنیر، اختلاف بین اسید قابل تیتر بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر معنی‌دار نبود ( $P > 0/05$ ).

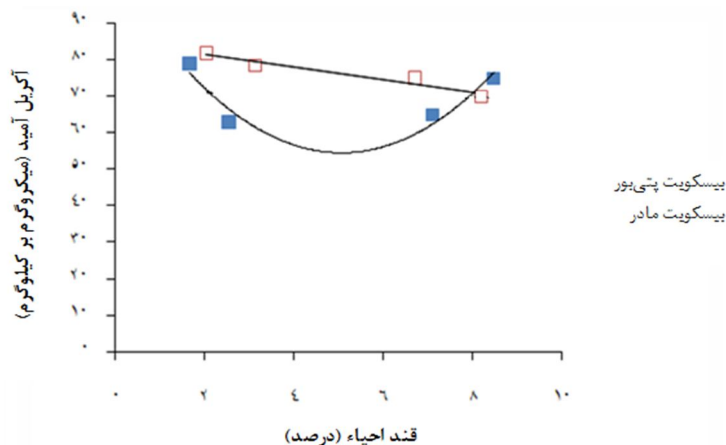
نتایج حاکی از اثر معنی‌دار جایگزینی شیرخشک با پودر آب پنیر بر محتوی قند احیاء بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر بود ( $P < 0/05$ ). مقدار قند احیاء در نمونه‌های بیسکویت با افزایش جایگزینی پودر آب پنیر از صفر به 100 درصد روند افزایشی داشته به طوری که به ترتیب 6/8 و 6/15 درصد (جدول 1) افزایش در مقدار قند احیاء نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور و مادر مشاهده شد. Mavropoulou و Kosikowski (1972) نشان دادند که بالا بودن میزان قند احیاء بخصوص لاکتوز در پودر آب پنیر در مقایسه با شیرخشک موجب افزایش محتوی قند احیاء نمونه‌های بیسکویت می‌شود. همچنین میزان قند احیاء نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور و مادر فقط در نسبت پودر آب پنیر به شیرخشک 75 به 25 با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نشان داد ( $P < 0/05$ ).



شکل 2- اثر درصد جایگزینی شیرخشک با پودر آب پنیر بر میزان آکریل‌آمید بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر. حروف غیرمشترک روی ستون‌ها بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است ( $P < 0/05$ ).

طریق افزودن پودر آب پنیر با کاهش خطی تشکیل آکریل‌آمید همراه است در حالی که در نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور، این رابطه از تابع دو جمله‌ای تبعیت می‌کند.

رابطه بین محتوای قند احیاء و مقدار آکریل‌آمید تشکیل شده در نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور و مادر در شکل 3 نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که در نمونه‌های بیسکویت مادر، افزایش قند احیاء فرمول از



شکل 3- رابطه بین محتوای قند احیاء و آکریل‌آمید در نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور و مادر تهیه شده با درصد‌های مختلف جایگزینی پودر آب پنیر.

نتایج تجزیه واریانس حاکی از این مطلب بود که جایگزینی بی‌کربنات سدیم با بی‌کربنات آمونیوم و بکینگ‌پودر به عنوان ماده ورآورنده در فرمول نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور و مادر تأثیر معنی‌داری بر درصد رطوبت و درصد پروتئین نداشت ( $P>0/05$ ). این پدیده با توجه به کم بودن مقدار عامل ورآورنده در فرمول و همچنین پایین بودن میزان رطوبت و عدم ماهیت پروتئینی عوامل ورآورنده مورد استفاده، قابل انتظار بود.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که جایگزینی بی‌کربنات سدیم با بی‌کربنات آمونیوم در فرمول نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور و مادر (جدول 3) تأثیر معنی‌داری بر pH نداشت ( $P>0/05$ ). در حالی که استفاده از بکینگ‌پودر با کاهش معنی‌دار pH بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر، به ترتیب 0/9 و 0/8 واحد در مقایسه با نمونه شاهد همراه بود ( $P<0/05$ ). کاهش معنی‌دار pH در نمونه‌های بیسکویت حاوی بکینگ‌پودر به دلیل استفاده از اسیدهای خوراکی از جمله اسید سیتریک در فرمول بکینگ‌پودر می‌باشد. نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور و مادر با ماده ورآورنده یکسان در فرمول، از لحاظ pH با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. پایین‌تر بودن اندک pH نمونه‌های بیسکویت مادر می-

جدول 2 ضرایب رگرسیون بین آکریل‌آمید و قند احیاء بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر با مقادیر جایگزینی متفاوت پودر آب پنیر را نشان می‌دهد. همان‌طور که پیداست مدل به‌دست آمده برای بیسکویت پتی‌بور تابع دو جمله‌ای می‌باشد در حالی که رابطه بین محتوای آکریل‌آمید و مقدار قند احیاء بیسکویت مادر، از مدل خطی تبعیت می‌کند. با وجود پایین بودن ضریب تبیین ( $R^2_{adj}$ ) به‌دست آمده برای بیسکویت پتی‌بور، نتایج بیانگر معنی‌دار بودن رگرسیون به‌دست آمده برای هر دو نوع بیسکویت مورد مطالعه است. همچنین عدم برازش<sup>1</sup> به‌دست آمده برای هر دو مدل معنی‌دار نمی‌باشد. این نتیجه بدین معنی است که رابطه خطی به‌دست آمده برای بیسکویت مادر و رابطه غیرخطی به‌دست آمده برای بیسکویت پتی‌بور معتبر بوده و قابل استفاده برای پیش‌بینی مقدار آکریل‌آمید تشکیل شده با توجه به میزان قند احیاء آن‌ها می‌باشد.

#### اثر نوع عامل ورآورنده

<sup>1</sup>Lack of Fit

نتایج اندازه‌گیری میزان آکریل‌آمید حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌های بیسکویت تهیه شده با عوامل وراورنده مختلف مورد استفاده در این پژوهش (شکل 4) بود ( $P < 0/05$ ). بیشترین میزان آکریل‌آمید در بیسکویت‌های وراورنده با بی‌کربنات آمونیوم و پس از آن بکینگ‌پودر مشاهده شد. استفاده از بی‌کربنات آمونیوم به جای بی‌کربنات سدیم در فرمول بیسکویت-های پتی‌بور و مادر به ترتیب منجر به 74/4 و 77/8 درصد افزایش در میزان آکریل‌آمید شد. علت این امر به افزایش pH خمیر در صورت استفاده از بی‌کربنات آمونیوم مربوط است. با افزایش pH، واکنش بین آسپارژین و گروه‌های کربونیل فعال تسریع می‌شود و طی واکنش میلارد گلوکزال و متیل گلوکزال (Hollnagel & Kroh, 1998) و همچنین گروه‌های آلفاکربونیل و آلفاهیدروکسی کربونیل دیگری (Ledl & Schleicher, 1990) از قندهای احیاء کننده به وجود می‌آیند که در مقایسه با گلوکز و فروکتوز، سریع‌تر با آمینواسیدها وارد واکنش شده (Piloty & Baltes, 1979) و در نتیجه آکریل‌آمید بیشتری تولید می‌کنند.

شایان ذکر است که در تمام موارد میزان آکریل-آمید نمونه‌های بیسکویت مادر به طور معنی‌داری بالاتر از نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور بود ( $P < 0/05$ ).

تواند به دلیل مصرف تخم‌مرغ در فرمول آن باشد. pH تخم‌مرغ کامل کمی اسیدی و بین 6/2 تا 6/5 است (رجب زاده، 1386).

جدول 3 اثر نوع عامل وراورنده شیمیایی را بر اسید قابل تیتر بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود جایگزینی بی‌کربنات سدیم با بی‌کربنات آمونیوم تغییر معنی‌داری در اسید قابل تیتر بیسکویت‌های مورد مطالعه ایجاد نکرد ( $P > 0/05$ ) در حالی که جایگزینی بی-کربنات سدیم با بکینگ‌پودر با افزایش معنی‌دار اسید قابل تیتر در نمونه بیسکویت پتی‌بور همراه بود ( $P < 0/05$ ). همچنین در صورت مصرف یک نوع ماده وراورنده در فرمول دو نوع بیسکویت پتی‌بور و مادر، اختلاف معنی‌داری در میزان اسید قابل تیتر آن‌ها مشاهده نشد ( $P > 0/05$ ).

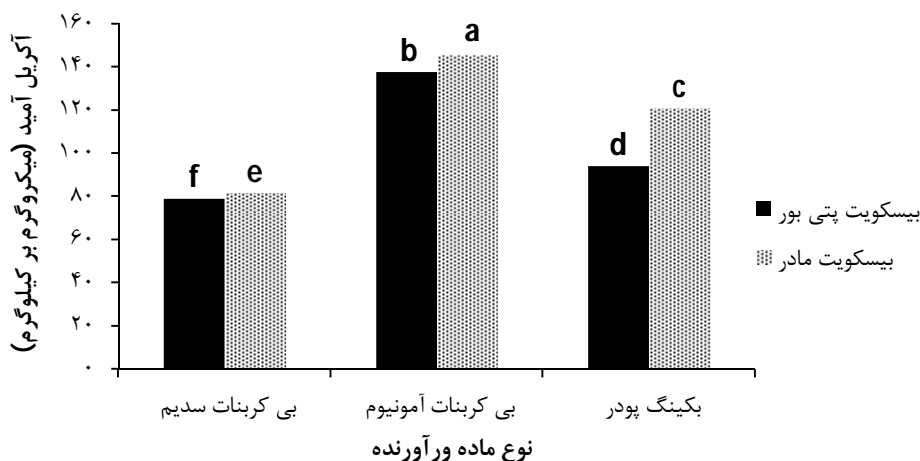
نتایج مقایسه میانگین بیانگر این مطلب بود که در صورت استفاده از بی‌کربنات سدیم به عنوان عامل وراورنده در فرمول بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر، محتوی قند احیاء به طوری معنی‌داری کمتر بود ( $P < 0/05$ )؛ در حالی که بین نمونه‌های تهیه شده با بی‌کربنات آمونیوم و بکینگ‌پودر (جدول 3) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $P > 0/05$ ).

جدول 3- اثر نوع عامل وراورنده بر مقدار pH، اسید قابل تیتر و قند احیاء بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر

نوع بیسکویت	نوع عامل وراورنده	pH	اسید قابل تیتر (درصد)	قند احیاء (درصد)
پتی‌بور	بی‌کربنات سدیم	7/2 <sup>a</sup>	0/16 <sup>a</sup>	1/67 <sup>b</sup>
	بی‌کربنات آمونیوم	7/13 <sup>a</sup>	0/18 <sup>ab</sup>	3/13 <sup>a</sup>
	بکینگ پودر	6/13 <sup>bc</sup>	0/21 <sup>b</sup>	3/33 <sup>a</sup>
مادر	بی‌کربنات سدیم	6/70 <sup>ab</sup>	0/16 <sup>ab</sup>	2/04 <sup>b</sup>
	بی‌کربنات آمونیوم	7/00 <sup>a</sup>	0/18 <sup>ab</sup>	2/95 <sup>a</sup>
	بکینگ پودر	5/90 <sup>c</sup>	0/18 <sup>b</sup>	3/02 <sup>a</sup>

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است ( $P < 0/05$ ).





شکل 4- اثر نوع عامل و آورنده بر میزان آکریل آمید بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر. حروف غیرمشترک روی ستون‌ها بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است ( $P < 0/05$ ).

فرمول بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر به ترتیب منجر به 74/4 و 77/8 درصد افزایش در میزان آکریل آمید نسبت به نمونه شاهد شد. شایان ذکر است که در تمام موارد میزان آکریل آمید نمونه‌های بیسکویت مادر به‌طور معنی‌داری بالاتر از نمونه‌های بیسکویت پتی‌بور بود. به‌طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تغییر مناسب در اجزاء فرمول انواع بیسکویت می‌تواند باعث با کاهش قابل توجهی در مقدار آکریل آمید شود. بنابراین با توجه و تمرکز صنعتگران و دست‌اندرکاران امر تولید و نظارت بر غذا بر طراحی فرمول‌های بهینه می‌توان میزان این ترکیب سرطان‌زا را در فرآورده‌های پرمصرف پخت مانند انواع بیسکویت‌ها کاهش داده و گامی بزرگ در جهت ارتقای سلامت جامعه برداشت.

در صورت استفاده از بی‌کربنات سدیم به جای بی‌کربنات آمونیوم، مقدار آکریل آمید به میزان یک سوم کاهش یافت (Friedman & Levin, 2008). Graf و همکاران (2006)، اثر بی‌کربنات آمونیوم را بر میزان آکریل آمید تشکیل شده در بیسکویت نیمه آماده بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که جایگزینی قسمتی از بی‌کربنات سدیم با بی‌کربنات آمونیوم تغییر چندانی در کاهش آکریل آمید نداشت، ولی جایگزینی کامل بی‌کربنات سدیم با بی‌کربنات آمونیوم موجب 70 درصد کاهش در مقدار آکریل آمید شد که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. Amrein و همکاران (2004)، نیز اثر جایگزینی بی‌کربنات سدیم با بی‌کربنات آمونیوم را در نان‌های زنجبیلی بررسی کردند و کاهش قابل توجه میزان آکریل آمید در این نوع نان‌ها را گزارش نمودند.

#### نتیجه گیری کلی

نتایج بیانگر آن بود که با افزایش درصد جایگزینی پودر آب پنیر در بیسکویت مادر میزان آکریل آمید 11/9 واحد کاهش یافت. بیشترین میزان آکریل آمید در بیسکویت‌های پتی‌بور و مادر در نمونه‌های بدون پودر آب پنیر مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان آکریل آمید در بیسکویت‌های ورامده با بی‌کربنات آمونیوم و پس از آن بکینگ پودر مشاهده شد. استفاده از بی‌کربنات آمونیوم به جای بی‌کربنات سدیم در

## منابع

- 1- استاندارد ملی ایران. 1385. کیک- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. شماره 2553. تجدید نظر سوم.
- 2- استاندارد ملی ایران. 1387. پنیر و فرآورده‌های آن - پودر آب پنیر- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. شماره 6959. تجدید نظر اول.
- 3- استاندارد ملی ایران. 1388. بیسکویت- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. شماره 37. تجدید نظر ششم. رجب زاده، ن. 1386. مبانی فناوری غلات. جلد دوم. نوبت چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تهران. 572 صفحه.
- 4- Amrein, T.M., Schonbachler, B., Escher, F. & Amado, R. 2004. Acrylamide in gingerbread: critical factors for formation and possible ways for reduction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 4282- 4288.
- 5- Arribas-Lorenzo, G. Fogliano, V. & Morales, F. J. 2009. Acrylamide formation in a cookie system as influenced by the oil phenol profile and degree of oxidation. *European Food Research Technology*, 229: 63-72.
- 6- 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.
- 7- Boroushaki, M.T., Nikkhah, E., Kazemi, A., Oskoei, M. & Raters, M. 2010. Determination of acrylamide level in popular Iranian brands of potato and corn products. *Food and Chemical Toxicology*, 10: 2581- 2584.
- 8- Claus, A., Carle, R. & Schieber, A. 2008. Acrylamide in cereal products: a review. *Journal of Cereal Science*, 47: 118-133.
- 9- 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.
- 10- Codex alimentarius, 2003. Discussion paper on acrylamide. Available from: <http://www.codexalimentarius.com/CX/FAC 04/36/34>, Rotterdam, Netherlands.
- 11- EL-Saied, M.H., Sharaf, A.M., Abul-Fadl M.M. & EL-Badry, N. 2008. Reduction of acrylamide formation in fried potato strips by different pre-frying treatments. *World Journal of Dairy & Food Sciences* 3 (1): 17-24.
- 12- Erdogdu, S. B., Palazoglu, T. K., Gokmen, V., Senyuva, H. Z. & Ekiz. H. I. 2007. Reduction of acrylamide formation in French fries by microwave pre-cooking of potato strips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 133-137.
- 13- Friedman, M. & Levin, C.E. 2008. Review of methods for the reduction of dietary content and toxicity of acrylamide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 6113- 6140.
- 14- 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
- 15- Granda, C. 2005. Kinetics of acrylamide formation in potato chips. *Journal of Biological and Agricultural Engineering*, 92: 78- 82.
- 16- Hollnagel, A., & Kroh, L.W. 1998. Formation of R-dicarbonyl fragments from mono and disaccharides under caramelization and Maillard reaction conditions. *Z Lebensm. Unters. Forsch. As Food Research Technology*, 207: 50- 54.
- 17- Keramat, J., Lebalı, A., Prost, C., & Jafari, M. 2011. Acrylamid in baking products: *Journal of Food Bioprocess Technology*, 4: 530- 543.
- 18- Ledl, F., & Schleicher, E. 1990. New aspects of the Maillard reaction in foods and in the human body. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 29 (6): 565- 594.
- 19- Mavropoulou, I.P., & Kosikowski, F.V. 1972. Composition, solubility, and stability of whey powders. *Journal of Dairy Science*, 56: 1128- 1134.
- 20- Mustafa, A. 2008, Acrylamide in Bread Precursors, Formation and Reduction. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. Sweden.

- 21- Ou, S., Shi, J., Huang, C., Zhang, G., Teng, J., Jiang, Y. & Yang B. 2010. Effect of antioxidants on elimination and formation of acrylamide in model reaction systems. *Journal of Hazardous Materials*, 182: 863–868.
- 22- Parzefall, W. 2008. Mini-review of toxicity of dietary acrylamide. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 1360- 1364.
- 23- Pedreschi, F. Kaack, K. & Granby, K. 2008. The effect of asparaginase on acrylamide formation in French fries. *Food Chemistry*, 109 (2): 386–392.
- 24- Pedreschi, F., Granby K. & Risum, J. 2010. Acrylamide mitigation in potato chips by using NaCl. *Food Bioprocess Technology*, 3: 917–921.
- 25- Piloty, M. & Baltes, W. 1979. Investigations on the reaction of amino acids with R-dicarbonyl compounds. 1. Reactivity of amino acids in the reaction with R-dicarbonyl compounds (in German). *Z. Lebensm.-Unters.-Forsch*, 168: 368- 373.
- 26- Salazar, R., Arambula-Villa, G., Vazquez-Landaverde, P.A., Hidalgo, F. & Zamora, R. 2012. Mitigating effect of Amaranth (*Amarantus hypochondriacus*) protein on acrylamide formation in foods. *Food Chemistry*, 135: 2293- 2298.
- 27- Sirot V., Hommet, F., Tard, A. & Leblanc, J. 2012. Dietary acrylamide exposure of the French population: results of the Second French Total Diet Study, *Food and Chemical Toxicology*, 50 (3-4): 889–894.
- 28- Watt, B.K. & Merrill, A.L. 1963. Composition of foods. Raw, processed, prepared. U.S. Department of Agriculture. *Agricultural handbook*. No. 8. 190 pp.

## Reduction of acrylamide in Petit Beurre and Madar biscuits using whey protein powder and sodium bicarbonate

Razieh Niazmand<sup>1\*</sup>, Arpa Khechumian<sup>2</sup>, Mostafa Shahidi Noghabi<sup>1</sup>

1- Assistant Professor, Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

\*Corresponding author (r.niazmand@rifst.ac.ir)

2- MSc. Graduated Student, Department of Food Science & Technology, Islamic Azad University, Damghan Branch, Semnan, Iran

### Abstract

Acrylamide is a chemical compound which starchy foods such as biscuits are prone to formation. Since biscuit is one of the most consumed floury products specially for children, the objective of this research is to assay the effect of the replacement of whey protein powder with dried milk in the 3 levels (25, 75 and 100 %), and the effect of the replacement of ammonium hydrogen carbonate and baking powder with sodium hydrogen carbonate on acrylamide, reducing sugar, protein, moisture, pH and acidity content on Petit Beurre and Madar biscuits were investigated. By increasing whey protein powder replacement in both kinds of biscuits, pH, only in samples which were completely produced by dried milk powder and whey protein powder, was considerable. In this phase protein content had decreasing, while acidity and reducing sugar had increasing procedure. The content of acrylamide in Madar and Petit Beurre biscuit samples produced by 100 % whey protein powder, in comparison with control, decreased 11.9 % and 4.1 % respectively, which may be related to the decrease of protein content in formulation. The content of pH and acidity respectively decreased and increased by replacing sodium hydrogen carbonate with baking powder. By using sodium hydrogen carbonate in both biscuit samples the content of reducing sugar considerably decreased. The minimum and maximum amount of acrylamide was observed in the samples containing sodium hydrogen carbonate and ammonium hydrogen carbonate, respectively.

**Keywords:** Acrylamide, Ammonium hydrogen carbonate, Biscuit, Dried milk