(مقاله پژوهشی)

مطالعه ی اثر شرایط کاراملیزاسیون و نوع قند بر شدت قهوه ای شدن و ویژگی های احیاءکنندگی و آنتی اکسیدانی کارامل تولیدی

رکسانه صباغ زاده[1*]، امیر حسین الهامی راد[2]، محمد آرمین[3]

۱-گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۰۷ تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۷/۱۱

چکیده

واکنش کاراملیزاسیون روش مناسبی برای ایجاد رنگ و آروما در مواد غذایی محسوب می گردد. از طرفی کارامل تولیدی می تواند دارای فعالیت آنتی اکسیدانی نیز باشد؛ که این مسأله به pH و نوع قند مورد استفاده در واکنش بستگی دارد. به منظور بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی کارامل تولیدی از قندهای مختلف، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل نوع قند(گلوکز، فروکتوز، ساکارز و مالتوز)، pH (۴، ۷ و ۱۰) و زمان حرارت دهی(صفر، ۴۰ و ۸۰ دقیقه) بودند. غلظت محلول قندها ۴۰ ٪ و دمای آماده سازی نمونه های کارامل ۱۵۰°C بود. شدت قهوه ای شدن، قدرت احیاءکنندگی و فعالیت آنتی اکسیدانی (درصد رادیکال گیرندگی DPPH) در تیمارها مورد اندازه گیری قرار گرفت. نتایج نشان داد که کارامل تهیه شده از فروکتوز، در pH=۱۰ که در دمای ۱۵۰°C به مدت ۸۰ دقیقه حرارت دیده بود، بیشترین شدت قهوه ای شدن، قدرت احیاءکنندگی و فعالیت آنتی اکسیدانی را نسبت به سایر تیمارها داشت. به طور کلی با افزایش pH و زمان حرارت دهی در طی کاراملیزاسیون قندها، شدت قهوه ای شدن، قدرت احیاءکنندگی و فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش یافت. نکته حائز اهمیت آن است که با افزایشpH و زمان حرارت دهی در دمای ۱۵۰°C ، شدت قهوه ای شدن، قدرت احیاءکنندگی و فعالیت آنتی اکسیدانی به این ترتیب از فروکتوز به ساکارز کاهش یافت: فروکتوز > گلوکز > مالتوز > ساکارز. نتایج حاصل نشان داد که فعالیت آنتی اکسیدانی کارامل تولیدی به pH اولیه و نوع قند بستگی دارد.

واژه های کلیدی: کاراملیزاسیون، فعالیت آنتی اکسیدانی، قدرت احیاءکنندگی، شدت قهوه ای شدن

*مسؤول مکاتبات: roxane.sabaghzade@yahoo.com

۱- مقدمه

یکی از قدیمی ترین روش ها برای ایجاد رنگ، عطر و طعم در مواد غذایی، حرارت دادن شکر یا مواد غذایی غنی از شکر بوده است (۱۶). هنگامی که قندها بالاتر از نقطه ی ذوبشان حرارت ببینند، تجزیه می شوند؛ فرم حلقوی قند باز می شود، مولکول آب از دست می دهد و قند قهوه ای می گردد (۲۸). واکنش هایی که در طی کاراملیزاسیون انجام می گیرد شامل انولیزاسیون[۱]، دهیدراسیون[۲]یا آبگیری،تجزیه ی دی کربونیل[۳]، واکنش های رتروآلدول[۴]، واکنش های آلدول[۵]، تشکیل پیوندهای گلیکوزیدی[۶] و هیدراتاسیون[۷] باشد (۱۷).اخیراً اثرات مثبت واکنش های قهوه ای شدن غیر آنزیمی از جمله کاراملیزاسیون، بر روی اکسیداسیون چربی ها، توسط محققین زیادی گزارش شده است؛ این امر مربوط به فعالیت آنتی اکسیدانی محصولات حاصل از این واکنش ها می باشد (۲۷). ری و کیم[۸] (۱۹۷۵) گزارش کردند که عصاره ی استونی استخراج شده از کارامل گلوکز، عدد پروکسید را در روغن سویا کاهش می دهد (۲۵). همچنین بنجاکول و همکاران[۹] (۲۰۰۵) بیان کردند که کارامل فروکتوز می تواند اکسیداسیون ماهی را در طی نگهداری مهار کند (۲). برنا و همکاران[۱۰] (۲۰۰۹) نیز فعالیت آنتی اکسیدانی در چند نوشیدنی غیر الکلی که به آنها کارامل نوع چهاراضافه شده بود را بررسی و مشاهده کردند که این نوشیدنی ها از خود فعالیت آنتی اکسیدانی نشان می دهند (۳). رابطه ی بین رنگ و ظرفیت آنتی اکسیدانی در کارامل نیز، توسط تسای و همکاران[۱۱] (۲۰۰۹) مورد پژوهش قرار گرفت. آنها به این نتیجه رسیدند که کارامل حاصل از مونوساکاریدها نسبت به دی ساکاریدها، در غلظت بالاتر و محیط قلیایی تر، شدت قهوه ای شدن و ظرفیت آنتی اکسیدانی بیشتری دارد(۲۷) . هدف از این تحقیق بررسی تأثیر pH و زمان حرارت دهی بر کاراملیزاسیون انواع قندهای خوراکی شامل گلوکز، فروکتوز، مالتوز و ساکارز و ارزیابی ویژگی های آنتی اکسیدانی کارامل حاصل تحت شرایط مختلف کاراملیزاسیون بود.

1-Enolization
2-Dehydration
3-Dicarbonyl cleavage
4-Retro-aldol reactions
5-Aldol reactions
6-Glycosidic bond formation
7-Hydration
8-Rhee and Kim
9-Benjakul et al.
10-Brenna et al.
11-Tsai et al.

۲- مواد و روش ها

در این تحقیق از چهار نوع قند D-گلوکز، D- فروکتوز، ساکارز و مالتوز (Merck) به عنوان ماده ی اولیه جهت تولید کارامل استفاده گردید. ابتدا محلول های بافر فسفات سدیم ۰/۰۵ مولار در pH های ۴، ۷ و ۱۰ تهیه شدند؛ سپس با انحلال هر کدام از قندهای ساکارز، گلوکز، فروکتوز و مالتوز توسط بافرهای مذکور،محلول ۴۰ ٪ قندهای مورد نظر تهیه گردید (۲۷).

۲-۱-آماده سازی نمونه ها

محلول های تهیه شده از چهار نوع قند در pH های ۴، ۷ و ۱۰ به مدت ۴۰ و ۸۰ دقیقه در آون (Memmert مدل UFB400) در دمای ۱۵۰°C قرار گرفتند. نحوه ی حرارت دهی به گونه ای بود که ۱۲ نمونه بعد از ۴۰ دقیقه حرارت دهی از آون خارج و فوراً سرد شدند. پس از ۸۰ دقیقه نیز ۱۲ نمونه دیگر از آون خارج و سریعاً خنک شدند (۹ و ۱۵). در نهایت حجم تمامی نمونه ها به ۵۰ میلی لیتر رسانده شد (۱۹). آزمون های شیمیایی شامل اندازه گیری شدت قهوه ای شدن، قدرت احیاءکنندگی و فعالیت آنتی اکسیدانی (درصد رادیکال گیرندگی DPPH) بر روی محلول های قندی در زمان قبل از حرارتی دهی (زمان صفر) و زمان های ۴۰ و ۸۰ دقیقه بعد از حرارت دهی به شرح زیر انجام گردید

۲-۲- آزمون تعیین قدرت احیاءکنندگی

۱ میلی لیتر از محلول نمونه مورد نظر با ۱ میلی لیتر از بافر فسفات سدیم ۰/۲ مولار با pH =۶/۶ و ۱ میلی لیتر پتاسیم فری سیانید ۱٪، مخلوط شد. این ترکیب در بن ماری

(LAUDA مدل E200) در دمای ۵۰°C به مدت ۲۰ دقیقه باقی ماند. به دنبال آن ۱ میلی لیتر تری کلرو استیک اسید ۱۰٪ به مخلوط اضافه شد. این ترکیب در دمای ۲۵°Cو به مدت ۱۰ دقیقه در سانتریفیوژg×۷۵۰ (SIGMA مدل 2-16K)قرار گرفت. سپس ۱ میلی لیتر از سوپرناتانت[1] یا مایع رویی به دست آمده با ۱ میلی لیتر آب مقطر و ۲۰۰ میکرولیتر فریک کلرید ۰/۱٪ ترکیب شد. سپس جذب نمونه ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (PGInstrument مدل+T80) در طول موج ۷۰۰ نانومترخوانده شد (۲۱).

۲-۳- آزمون تعیین شدت قهوه ای شدن

اندازه گیری جذب نوری در ۴۲۰ نانومتر، در واقع برای نشان دادن ترکیبات حد واسط حاصل از واکنش قهوه ای شدن غیر آنزیمی استفاده می شود (۱). شدت قهوه ای شدن نمونه های کارامل، با قرائت جذب نوری آنها در طول موج ۴۲۰ نانومتر، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین گردید. نمونه ی شاهد آب مقطر بود (۱۸).

۲-٤- آزمون تعیین فعالیت رادیکال گیرندگی DPPH

۲ میلی لیتر از محلول DPPH ۰/۱۲ میلی مولار حل شده در اتانول، به ۴۰۰ میکرولیتر از نمونه های کارامل اضافه گردید. مخلوط به دست آمده به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی قرار داده شد. سپس جذب نوری مخلوط در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. نمونه ی کنترل نیز به همان روش آماده شد؛ فقط به جای نمونه ی کارامل، آب دیونیزه استفاده گردید. درصد رادیکال گیرندگی DPPH از طریق فرمول زیر به دست آمد. (۹)

$$\text{درصدرادیکال گیرندگیDPPH} = \frac{\text{جذب کنترل} - \text{جذب نمونه}}{\text{جذب کنترل}} \times ۱۰۰$$

۲-۵- آنالیز آماری

بررسی در قالب آزمایش فاکتوریل ۳ فاکتور، با ۳ تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی، نوع قند (فروکتوز، گلوکز، مالتوز و ساکارز)، زمان حرارت دهی (صفر، ۴۰ و ۸۰ دقیقه) و pH (۴، ۷ و ۱۰) بودند.تجزیه وتحلیل داده ها با استفاده از نرم افزارآماریSASS (۹/۴) و مقایسه ی میانگین ها با استفاده ازآزمون FLSD انجام شد.

1-Supernatant

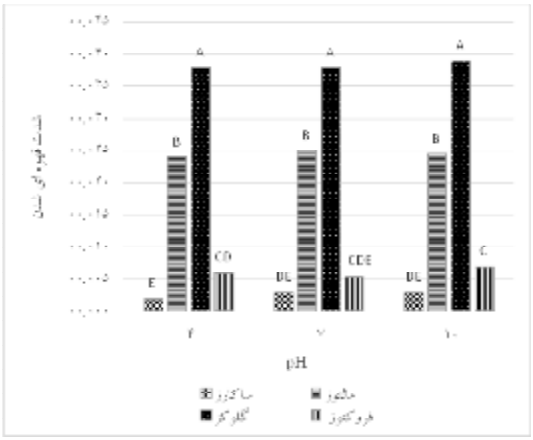
۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی اثر متقابل pH و نوع قند بر شدت قهوه ای شدن کارامل تولیدی در زمان های مختلف

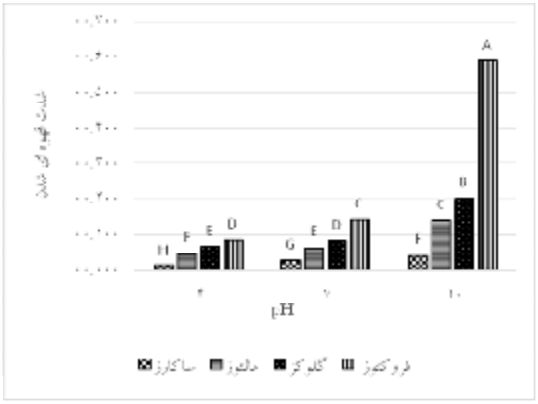
همان طور که از شکل ۱ مشخص است، در زمان صفر و در دمای محیط، نمونه های قندی هیچ گونه حرارتی ندیده بودند و جذب نوری آنها در طول موج ۴۲۰ نانومتر، مربوط به رنگ اولیه ی قندهای حل شده در بافر بود.از جمله محصولات تجزیه ی ترکیبات حد واسط در واکنش کاراملیزاسیون که باعث ایجاد رنگ قهوه ای می شوند، می توان به متیل گلی اکسال[2]، گلیسر آلدهید[3]، هیدروکسی متیل فورفورال[4] و هیدروکسی استیل فوران[5] اشاره نمود (۴، ۱۰ و ۱۶). بر اساس شکل ۲ و طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل pH و نوع قند بر شدت قهوه ای شدن کارامل تولیدی در زمان ۴۰ دقیقه، در سطح ۱٪ معنی دار بود.کمترین میزان جذب نوری مربوط به کارامل ساکارز در pH=۴ و بیشترین میزان مربوط به کارامل فروکتوز در pH=۱۰ بود.کارامل فروکتوز تهیه شده در pH=۱۰ نسبت به pH=۷ افزایش چشمگیری در میزان قهوه ای شدن را نشان داد؛ که این موضوع در مورد کارامل سایر قندها دیده نشد.لی و لی[6](۱۹۹۷) بیان کردند در طی کاراملیزاسیون، ترکیبات حد واسط بی رنگ به کارامل قهوه ای تبدیل می گردند (۱۹). بنجاکول و همکاران نیز (۲۰۰۵) گزارش کردند که ایجاد رنگ قهوه ای در محصولات کاراملیزاسیون در مونوساکاریدها و در pH های قلیایی بیشتر رخ می دهد (۲). لرتیتیکول و همکاران[7] (۲۰۰۷) نیز مشاهدات مشابهی داشتند. آنها بیان کردند تفاوت در میزان قهوه ای شدن می تواند به علت تفاوت در pH اولیه ی

2-Methylglyoxal
3-Glyceraldehyde
4-Hydroxy Methyl Furfural
5-Hydroxy Acetyl Furan
6-Lee and Lee
7-Lertittikul et al.

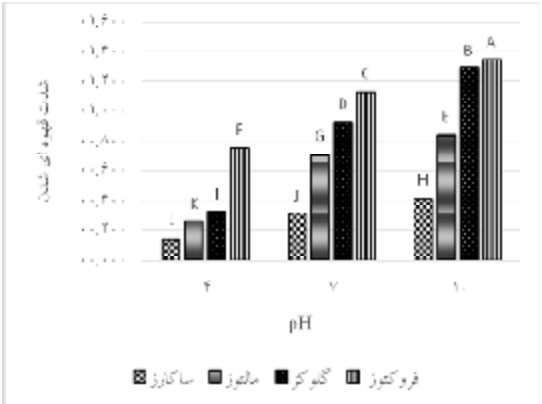
نمونه ها باشد (۲۰). در شکل ۳ اثر متقابل pH و نوع قند بر شدت قهوه ای شدن کارامل تولیدی در زمان ۸۰ دقیقه آورده شده است. در واقع با افزایشpH شدت قهوه ای شدن در نمونه های کارامل افزایش یافت. در شرایط قلیایی، واکنش های تجزیه ی دی کربونیل و رتروآلدولیزاسیون به میزان بیشتری اتفاق می افتد، در نتیجه ترکیبات عامل رنگ و آروما بیشتر به وجود می آیند (۲۶). از طرفی واکنش های انولیزاسیون موجب تجزیه ی قندها می شوند. این واکنش ها در شرایط اسیدی به کندی رخ می دهد (۸). در واقع، قلیا نسبت به اسید کاتالیزور موثرتری است (۲۴).کمترین میزان قهوه ای شدن مربوط به کارامل ساکارز در pH=۴ و بیشترین میزان مربوط به کارامل فروکتوز در pH=۱ بود. هوانگ و همکاران[1] (۲۰۱۱) نیز بیان کردند که در طی حرارت دهی در دمای ۱۲۰°C به مدت ۶۰ دقیقه، محصولات مایلارد حاصل از سیستم مدل فروکتوز نسبت به سیستم مدل گلوکز، شدت قهوه ای شدن بیشتری را از خود نشان دادند (۱۲). کوکا و همکاران[2] (۲۰۰۴) دریافتند که محصولات تجزیه ای با طول زنجیره کربنی کمتر از ۶ اتم کربن، توانستند به ترکیبات با وزن مولکولی بالا تبدیل شوند که این امر به ایجاد رنگ در طی واکنش های تجزیه ی قلیایی مرتبط بود (۶). همچنین جاین و همکاران[3] (۲۰۱۷) مخلوط پوره سیب زمینی و فروکتوز را در محلول سدیم هیدروکسید، در دماها و زمان های مختلف حرارت دادند و مشاهده نمودند که با افزایش دما و زمان حرارت دهی، شدت قهوه ای شدن نیز افزایش یافت (۱۴).



شکل ۱- اثر متقابل pH و نوع قند بر شدت قهوه ای شدن کارامل در زمان صفر



شکل ۲- اثر متقابل pH و نوع قند بر شدت قهوه ای شدن کارامل در زمان ۴۰ دقیقه

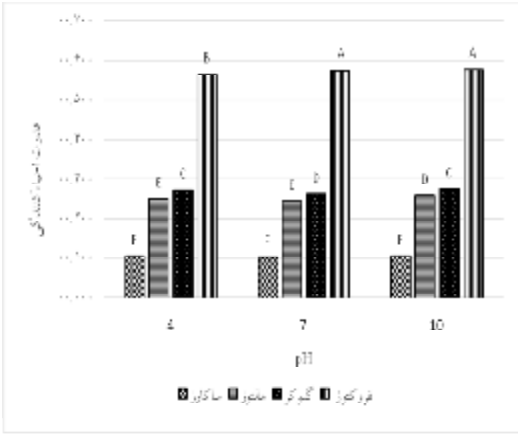


شکل ۳- اثر متقابل pH و نوع قند بر شدت قهوه ای شدن کارامل در زمان ۸۰ دقیقه

1-Hwang et al.
2-Cocaet al.
3-Jainet al.

۳-۲- بررسی اثر متقابل pH و نوع قند بر قدرت احیاءکنندگی کارامل تولیدی در زمان های مختلف

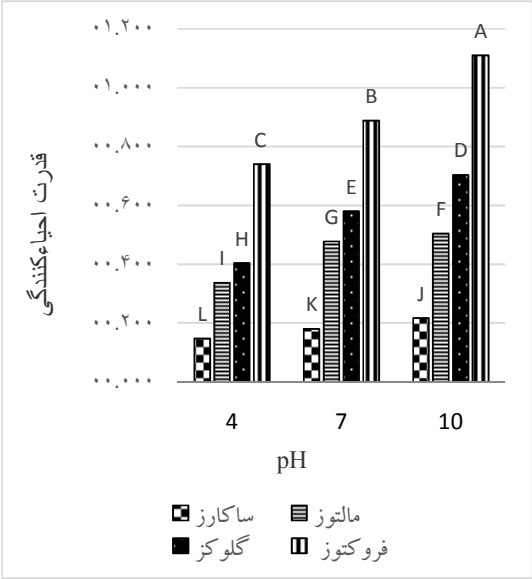
بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل pH و نوع قند بر قدرت احیاءکنندگی کارامل تولیدی در زمان صفر در سطح ۱٪ معنی دار بود. همان طور که در شکل ۴ مشاهده می شود، بیشترین قدرت احیاءکنندگی در محلول فروکتوز در pH=۱۰ معادل ۰/۵۷۸ و کمترین میزان در محلول ساکارز در pH=۷ دیده شد. هر نوع قند در pH های متفاوت در زمان صفر قدرت احیاءکنندگی نسبتاً یکسانی را نشان دادند. زیرا فرایند حرارتی روی آنها اعمال نشده بود. در واقع ساکارز که قندی غیر احیاءکننده است، جذب نوری اندکی را نشان داد. در شکل ۵ اثر متقابل pH و نوع قند بر قدرت احیاءکنندگی کارامل تولیدی در زمان ۴۰ دقیقه نشان داده شده است. بیشترین میزان جذب نوری مربوط به کارامل فروکتوز درpH=۱۰ وکمترین میزان مربوط به کارامل ساکارز در pH=۴ بود. با افزایش pH از ۴ به ۱۰ قدرت احیاءکنندگی کارامل حاصل در تمامی قندها افزایش یافت. در محلول های قلیایی، آنیون های اندیول[1] می توانند از طریق انولیزاسیون توسط یون هیدروکسید تولید شوند. این ترکیبات به عنوان ترکیبات حد واسط واکنش ایزومریزاسیون[2] مونوساکاریدها در نظر گرفته می شوند که در شرایط قلیایی به وجود می آیند(۶) و دارای فعالیت هیدروژن دهندگی بالاتری هستند(۷). فونگانپای و همکاران[3] (۲۰۰۶) گزارش کردند که ترکیبات حد واسط بی رنگ، قابلیت اهدای هیدروژن داشتند که به pH، نوع قند و زمان حرارت دهی بستگی داشت (۲۳). بنجاکول و همکاران نیز (۲۰۰۵) مشاهده کردند که قندها در محلول های قلیایی نسبت به محلول های خنثی سریع تر از بین رفتند و قدرت احیاءکنندگی کارامل حاصل از فروکتوز به مقدار کمی از گلوکز بیشتر بود (۲). اثر متقابل pH و نوع قند بر قدرت احیاءکنندگی کارامل تولیدی در زمان ۸۰ دقیقه در شکل ۶ نشان داده شده است. بیشترین جذب نوری مربوط به کارامل فروکتوز در pH=۱۰ (۱/۸۲۴) و کمترین میزان مربوط به کارامل ساکارز در pH=۴ (۰/۳۰۷) بود. لی و لی (۱۹۹۷) گزارش کردند که کارامل حاصل از ساکارز تهیه شده در pH=۴ که در دمای ۲۰۰ °C به مدت ۹۰ دقیقه حرارت دیده بود، قدرت احیاء کنندگی داشت (۱۹). علاوه بر این هوانگ و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند ترکیباتی که باعث ایجاد قدرت احیاءکنندگی شدند، در طی تجزیه ی حرارتی محصولات آمادوری[4] درمرحله ی اولیه ی واکنش های مایلارد به وجود آمدند (۱۳). چاروورین و همکاران[5] نیز (۲۰۰۲) گزارش کردند که ترکیبات عامل قدرت احیاءکنندگی، ممکن است محصولات هتروسیکلیک[6] واکنش مایلارد یا کاراملیزاسیون قندها بوده باشند (۵). هو و همکاران[7] (۲۰۱۶) نیز مشاهده نمودند، ترکیب چند مونوساکارید با سولفوریک اسید، بعد از حرارت دهی در دمای ۱۰۰ °C به مدت ۲ ساعت، قدرت احیاءکنندگی از خود نشان داد (۱۱).



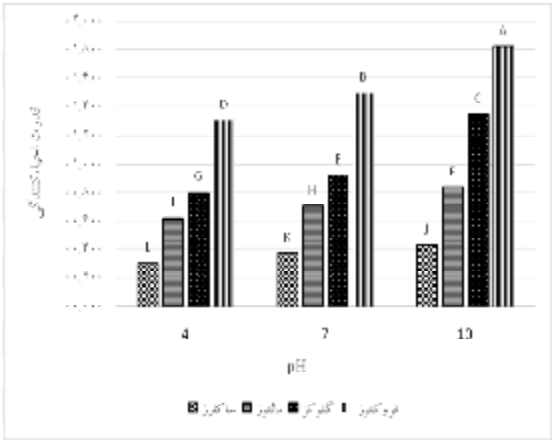
شکل ٤- اثر متقابل pH و نوع قند بر قدرت احیاءکنندگی کارامل تولیدی در زمان صفر

1-Enediol anions
2-Isomerization
3-Phonganpai et al.

4-Amadori Compounds
5-Charurin et al.
6-Heterocyclic Compouns
7-Huet al.



شکل ۵- اثر متقابل pH و نوع قند بر قدرت احیاءکنندگی کارامل در زمان ٤٠ دقیقه

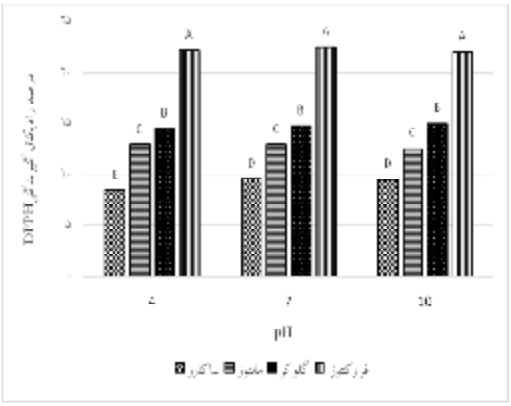


شکل ٦- اثر متقابل pH و نوع قند بر قدرت احیاءکنندگی کارامل در زمان ۸۰ دقیقه

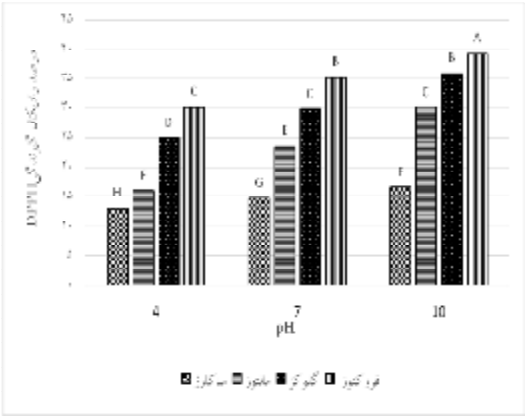
۳-۳- بررسی اثر متقابل pH و نوع قند بر فعالیت آنتی اکسیدانی (درصد رادیکال گیرندگی DPPH) کارامل تولیدی در زمان های مختلف

فعالیت رادیکال گیرندگی DPPH، قابلیت هیدروژن دهندگیآنتی اکسیدان ها را نشان می دهد (۲۹). در شکل ۷ اثر متقابل pH و نوع قند بر فعالیت آنتی اکسیدانی کارامل تولیدی در زمان صفر مشاهده می شود. درصد رادیکال گیرندگی DPPH هر کدام از محلول های قندی در هر pH تقریباً یکسان بود. در شکل ۸ اثر متقابل pH و نوع قند بر فعالیت آنتی اکسیدانی کارامل تولیدی در زمان ۴۰ دقیقه نشان داده شده است. طبق نتایج مقایسه ی میانگین ها، بیشترین درصد رادیکال گیرندگی DPPH در کارامل فروکتوز در pH=۱۰ و کمترین میزانمربوط به کارامل ساکارز در pH=۴ بود. بنجاکول و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که محصولات کاراملیزاسیون، رادیکال های DPPHرا تبدیل به دی فنیل پیکریل هیدرازین[1] زرد رنگ می نماید(۲). فونگانپای و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که با افزایش زمان حرارت دهی و همچنین در pHهای قلیایی، درصد رادیکال گیرندگی DPPH درکارامل فروکتوز و گلوکز افزایش می یابد (۲۳). در زمان ۸۰ دقیقه پس از حرارت دهی (شکل ۹) و بر اساس نتایج مقایسه ی میانگین ها، بیشترین درصد رادیکال گیرندگی DPPH در کارامل فروکتوز در pH=۱۰ معادل ۶۴/۳ ٪ و کمترین میزان مربوط به کارامل ساکارز در pH=۴ برابر با ۲۰/۷۵ ٪ بود. با افزایش pH، درصد رادیکال گیرندگی DPPH کارامل تمامی قندها نیز افزایش یافت. تسای و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که کارامل حاصل از مونوساکاریدها در pH=۱۰ وpH=۷ نسبت به pH=۳ درصدرادیکال گیرندگی بالاتری نشان می دهد (۲۷). همچنین ری و کیم (۱۹۷۵) به این نتیجه رسیدند که ترکیبات حد واسط در واکنش کاراملیزاسیون فعالیت آنتی اکسیدانی دارند (۲۵). لیمسوانمانی و همکاران[2] (۲۰۱۴) نیز بیان کردند، سیستم مدل نیتروژن غیر پروتئینی/فروکتوز، نسبت به سیستم مدل نیتروژنغیر پروتئینی/گلوکز، قدرت آنتی اکسیدانی بیشتری از خود نشان می دهد. آنها اظهار داشتند، محصولات واکنش مایلارد دارای قدرت مهار کنندگی رادیکال های آزاد آب گریز و کاتیونی هستند و می توانند به عنوان آنتی اکسیدان های اولیه و ثانویه عمل کنند (۲۱).

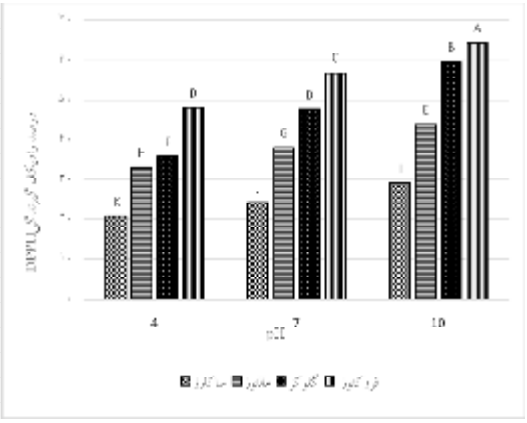
1-Diphenylpicrylhydrazyl
2-Limsuwanmanee et al.



شکل ۷- اثر متقابل pH و نوع قند بر فعالیت آنتی اکسیدانی (درصد رادیکال گیرندگی DPPH) کارامل در زمان صفر



شکل ۸- اثر متقابل pH و نوع قند بر فعالیت آنتی اکسیدانی (درصد رادیکال گیرندگی DPPH) کارامل در زمان ۴۰ دقیقه



شکل ۹- اثر متقابل pHو نوع قند بر فعالیت آنتی اکسیدانی (درصد رادیکال گیرندگی DPPH) کارامل در زمان ۸۰ دقیقه

٤- نتیجه گیری

کارامل در سراسر جهان به عنوان یک افزودنی برای ایجاد رنگ و آروما در مواد غذایی استفاده می شود. شرایط تولید کارامل بایستی به خوبی کنترل گردد تا کارامل تولیدی ویژگی های مطلوبی از نظر رنگ و فعالیت آنتی اکسیدانی داشته باشد. در این تحقیق مشخص گردید که کارامل تهیه شده از فروکتوز نسبت به کارامل تهیه شده از سایر قندها، بیشترین شدت قهوه ای شدن، قدرت احیاءکنندگی و فعالیت آنتی اکسیدانی را داراست. از طرفی مشاهده شد با افزایش زمان حرارت دهی و افزایش pH ویژگی های فوق در کارامل تمامی قندها به خصوص کارامل فروکتوز، افزایش می یابد. نتایج حاصل را می توان برای تهیه ی کارامل با مشخصات کیفی مناسب به کار برد.

٥- منابع

1. Ajandouz, E.H., Tchiakpe, L.S., Dalleore, F., Benjiba, A. and Puigserver, A. 2001. Effects of pH on caramelization and Maillard reaction kinetics in fructose-lysine model system, *Journal of Food Science*, 66: 926–931.
2. Benjakul, S., Visessanguan, W., Phongkanpai, V. and Tanaka, M. 2005. Antioxidative activity of caramelization products and their preventive effect on lipid oxidation in fish mince, *Food Chemistry*, 90: 231–239.
3. Brenna, O. B., Ceppi, E. L. M. and Giovanelli, G. 2009. Antioxidant capacity of some caramel-containing soft drinks, *Food Chemistry*, 115(1): 119–123.
4. Cammerver, B., Wedzicha, B.L. and Kroh, L.W. 1999. Nonenzymatic browning reactions of retro-aldol degradation products of carbohydrates, *European Food Research and Technology*, 209: 261–265.
5. Charurin , P., Ames, J. M. and Castiello, M. D. 2002. Antioxidant activity of coffee model systems, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 3751–3756.
6. Coca, M., Garcia, M.T., Gonzalez, G., Pena, M. and Garcia, J.A. 2004. Study

16. Kroh, L. W. 1994. Caramelization in food and beverages, *Food Chemistry*, 51(4): 373–379.
17. Kuhnert, N. 2016. Caramel: properties and analysis, Encyclopedia of Food and Health, Pages: 58–68.
18. Laroque, D., Inisan, C., Berger, C., Vouland, E. and Dufosse, L. 2008. Kinetic study on the Maillard reaction. Consideration of sugar reactivity, *Food Chemistry*, 111(4): 1032–1042.
19. Lee, G. C. and Lee, C. Y. 1997. Inhibitory effect of caramelisation products on enzymic browning, *Food Chemistry*, 60(2): 231–235.
20. Lertittikul, W., Benjakul, S. and Tanaka, M. 2007. Characteristics and antioxidative activity of Maillard reaction products from a porcine plasma protein–glucose model system as influenced by pH, *Food Chemistry*, 100(2): 669–677.
21. Limsuwanmanee, J., Chaijan, M., Manurakchinakorn, S., Panpipat, W., Klomklao, S. and Benjakul, S. 2014. Antioxidant activity of Maillard reaction products derived from stingray (Himantura signifier) non-protein nitrogenous fraction and sugar model systems, *LWT - Food Science and Technology*, 57(2): 718–724.
22. Pereira, V., Santos, M., Cacho, J. and Marques, J. M. 2017. Assessment of the development of browning, antioxidant activity and volatile organic compounds in thermally processed sugar model wines, *LWT - Food Science and Technology*, 75: 719–726.
23. Phonganpai, V., Benjakul, S. and Tanaka, M. 2006. Effect of pH on antioxidative and other characteristics of caramelization products, *Journal of Food Biochemistry*, (30): 174–186.
24. Pigman, W. and Anet, E. F. L. J. 1972. *The* Carbohydrates, Academic Press, New York, pages: 165–194.
25. Rhee, C. and Kim, D.H. 1975. Antioxidant activity of acetone extracts obtained from a caramelization-type browning of coloured components formed in sugar beet processing, *Food Chemistry*, 86: 421–433.
7. Eichner, K. 1981. Antioxidant effect of Maillard reaction intermediates, *Progress in Food and Nutrition Science*, 5: 441–451.
8. Eskin, M. N. A., Ho, Ch. T. and Shahidi, F. 2013. Biochemistry of Food, Elsevier, pages: 269–274.
9. Guan, Y. G., Wu, X. L., Yu, S. J. and Xu, X. B. 2011. Proposed formation mechanism, antioxidant activity and MDA-MB-231 cells survival analysis of two glucose–ammonium sulfite caramel colourmelanoidins fractions, *Carbohydrate Polymers*, 86(2): 948–955.
10. Homoki-Farakas, P., Orsi, F. and Kroh, L.W. 1997. Methylglyoxal determination from different carbohydrates during heat processing, *Food Chemistry*, 59: 157–163.
11. Hu, S., Yin, J., Nie, S., Wang, J., Phillips, G. O., Xie, M. and Cui, S. W. 2016. In vitro evaluation of the antioxidant activities of carbohydrates, *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 7(2): 19–27.
12. Hwang, I. G., Kim, H. Y., Woo, K. S., Lee, J. and Jeong, H. S. 2011. Biological activities of Maillard reaction products (MRPs) in a sugar–amino acid model system, Food Chemistry, 126(1): 221–227.
13. Hwang, J. Y., Shue, Y. S. and Chang, H. M. 2001. Antioxidative activity of roasted and defatted peanut kernels, *Food Research International*, 34: 639–647.
14. Jain, D., Wang, J., Liu, F., Tang, J. and Bohnet, S. 2017. Application of non-enzymatic browning of fructose for heating pattern determination in microwave assisted thermal pasteurization system , Journal of Food Engineering, 210: 27–34.
15. Kocadagli, T. and Gokmen, V. 2016. Multiresponse kinetic modelling of Maillard reaction and caramelisation in a heated glucose/wheat flour system, *Food Chemistry*, 215: 892–902.

reaction, *Journal of Food Science,* (40): 460–462.
26. Rufian-Henares, J. A. and Pastoriza, S. 2016. Browning: non-enzymatic browning, Encyclopedia of Food and Health, Pages: 515-521.
27. Tsai, P. J., Yu, T. U., Chen, S. h., Liu, C. C. and Sun, Y. F. 2009. Interactive role of color and antioxidant capacity in caramels, *Food Research International*, 42 (3): 380–386.
28. Vaclavik, V. A. and Christian, E. W. 2013. Essentials of Food Science, Springer, New York, pages: 279–295.
29. Williams, W. B., Cuvelier, M. E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, LWT-Food Science and Technology, 28(1): 25–30.

(Original Research Paper)

Study of Caramelization Conditions and Sugar Type on Browning Intensity and Reducing and Antioxidant Properties of Produced Caramel

Roxaneh Sabbagh zadeh[1]*, Amir Hossein Elhami Rad[2], Mohammad Armin[3]

1-Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

Received:28/06/2018 Accepted:03/10/2018

Abstract

Caramelization reaction is a good way to make color and aroma in foods. On the other hand, produced caramel can has antioxidant activity; which depends on pH and type of sugar used in the reaction. In order to study antioxidant activity of produced Caramel from different sugars, an experiment was conducted in factorial arrangement based on completely randomize design with three replications. Factors were: Sugar type (Glucose, Fructose, Maltose and Sucrose), pH (4, 7 and 10) and heating time (0, 40 and 80 min). Concentration of sugar solutions were 40% and temperature of caramels preparation was 150°C. Browning intensity, reducing power and antioxidant activity (DPPH radical-scavenging percentage) were investigated. Results indicated that browning intensity, reducing power and antioxidant activity (DPPH radical-scavenging percentage) of caramel from fructose had a greater extent than other samples at pH=10 and 80 minutes after heating at 150°C. Generally with increasing pH and heating time during the caramelization of sugars, browning intensity, reducing power and antioxidant activity (DPPH radical-scavenging percentage) increased. In general, in all pHs and heating timesat 150°C, browning intensity, reducing power and antioxidant activityof fructose to sucrose decreased in this way: fructose > glucose > maltose > sucrose. The results revealed that caramel's antioxidant activity depends on the initial pH and sugar type.

Keywords:Caramelization, Antioxidant Activity, Browning Intensity, Reducing Power

*Corresponding Author: roxane.sabaghzade@yahoo.com