

آنالیز پروفایل بافت پاستیل آلو به روش حسی و دستگاهی و بهینه‌سازی فرمولاسیون آن

رویا رضایی^{۱*} - فخری شهیدی^۲ - محمد الهی^۳ - محبت محبی^۴ - مهدی نصیری محلاتی^۵

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۵

تاریخ پذیرش: ۹۰/۵/۱

چکیده

در این پژوهش، تولید پاستیل میوه‌ای بر پایه آلو به عنوان فراورده‌ای نوین با استفاده از نسبت‌های مختلف نشاسته و ژلاتین مورد مطالعه قرار گرفت. ۱۳ فرمول از فراورده مورد نظر براساس طرح مرکب مرکزی (با ۵ تکرار در نقطه مرکزی) تولید گردید. روش سطح پاسخ به منظور بهینه‌سازی فرمولاسیون با استفاده از متغیرهای مستقل، میزان ژلاتین در دامنه ۳/۸۵ تا ۶/۹۲ درصد و میزان نشاسته در دامنه صفر تا ۳/۸۵ درصد مورد استفاده قرار گرفت. متغیرهای وابسته شامل ارزیابی بافت به روش دستگاهی و پذیرش کلی حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌ها بودند. ارزیابی حسی بر اساس سنجش ویژگی‌های اصلی فراورده (رنگ، بافت و طعم)، و پروفایل بافت (سختی، پیوستگی و قابلیت جویدن) با استفاده از مقیاس‌های تعریف شده انجام شد. نتایج حاصل حاکی از این است که نوع هیدروکلوئید و میزان مصرف آن بر ویژگی‌های حسی محصول اثر معنی‌داری داشته‌اند. میزان سختی و آدامسی بودن بافت با درصد نشاسته مصرفی رابطه عکس و با درصد ژلاتین رابطه مستقیم داشت. ژلاتین بر پیوستگی بافت نیز تاثیر مثبت و معنی‌داری گذاشت. اثر نشاسته بر درک طعم مثبت و معنی‌دار بود. طعم تاثیر زیادی در پذیرش کلی نمونه‌ها نشان داد. نمونه‌های دارای بافت سخت با ویژگی آدامسی پذیرش پایینی کسب کردند. معادله چند جمله‌ای با $R^2 = 0.9335$ نشان داد که بالاترین پذیرش کلی مربوط به نمونه‌ای با ۳/۸۵ درصد نشاسته و ۵/۳۸ درصد ژلاتین بود.

واژه‌های کلیدی: پاستیل آلو، ارزیابی حسی، سنجش بافت، روش سطح پاسخ

مقدمه

(Ergun, 2010). در ژل‌های قنادی ترکیبات ژل‌کننده با توجه به ویژگی‌های بافتی مورد نظر (بافت نرم یا سخت) انتخاب می‌گردند. این ترکیبات به فرم مواد ذوب شده در می‌آیند و می‌توانند به شکل‌های مختلفی قالب‌گذاری شوند (Burey et al, 2009). خشک کردن به منظور رسیدن به مواد جامد نهایی مورد نیاز است. بافت فراورده تحت تاثیر فرایند خشک کردن قرار می‌گیرد. فراورده‌های صمغ مانند بافتی الاستیک، فنی، غیر چسبنده، بادوام و بهم پیوسته دارند (Horang et al, 2001). مقدار هر یک از عوامل ژل‌کننده مورد استفاده در فرمولاسیون مواد غذایی ممکن است از طریق استفاده از مخلوط آنها کاهش یابد و ارتباط بهتر بین ساختار، بافت و سایر ویژگی‌ها حاصل شود (Loh et al, 2003).

هیدروکلوئیدها معمولاً با هدف بهبود خواص، ایجاد بافت و ویژگی‌های بافتی جدید در فراورده‌های غذایی و همچنین به منظور کاهش هزینه‌های تولید استفاده می‌شوند. انتخاب هیدروکلوئیدها براساس ویژگی‌های عملکردی مورد نظر در فراورده نهایی صورت می‌پذیرد (فرهناکی و همکاران، ۱۳۸۸). اگرچه طعم و بو از

فراورده‌های بر پایه میوه مانند لواشک‌های میوه‌ای، بارهای میوه‌ای و تکه‌های میوه به عنوان تنقلات (اسنک) قرن‌هاست که در بسیاری از نقاط جهان طرفداران زیادی دارند. این فراورده‌ها به آسانی قابل خوردن هستند، زمان ماندگاری بالایی دارند، چشم‌نواز می‌باشند، احساس دهانی خوبی دارند و از نظر سلامتی نیز مفید هستند. معمولاً در فرمولاسیون این فراورده‌ها از پوره میوه استفاده می‌شود (Gordon, 1990). پاستیل‌های میوه‌ای، از جمله فراورده‌های ژله‌ای قنادی محسوب می‌گردند. در این فراورده‌ها عامل ژله‌کننده (مانند ژلاتین، پکتین، نشاسته و...) به یک شربت قندی اضافه می‌شود

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*- نویسنده مسئول: (Email: royarezae509@yahoo.com)

۲، ۳ و ۴- به ترتیب استاد، استادیار و دانشیار گروه علوم صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

این مطالعه ضمن تولید پاستیل آلو به عنوان فرآورده‌ای نوین، بهینه سازی فرآورده بر اساس بالاترین امتیاز پذیرش کلی بر مبنای درک ویژگی‌های حسی و بافتی انجام گرفت. برای بهینه‌سازی فرمولاسیون از تاثیر میزان مصرف دو هیدروکلوئید ژلاتین و نشاسته بر ویژگی‌های کیفی فرآورده استفاده شد و با کمک روش آنالیز حسی-توصیفی ویژگی‌های فرآورده به طور کمی و کیفی توصیف گردید.

مواد و روش ها

پوره آلوی زرد از شرکت ایران چاشنی تهیه و در کیسه‌های پلاستیکی تمیز بسته بندی و پس از انتقال به محل تولید تا زمان مصرف در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. پوره آلوی مورد استفاده دارای pH=3.19 و مواد جامد محلول در آب ۳۸/۳ (g/100g) بود. هیدروکلوئیدهای مصرفی شامل ژلاتین حلال (درجه بلوم ۲۶۰ و اندازه مش ۸)، پکتین با درجه متوکسیل بالا (درجه متوکسیل ۷۰٪ شرکت دانسکو- دانمارک) و نشاسته گندم (مرک K38304685) بودند. شکر مصرفی از سوپر مارکت محلی تهیه گردید. اسیدسیتریک مصرفی از نوع مرک (9634547) بود.

روش تولید

در ابتدا شربت با بریکس ۶۰ آماده گردید. در حین همزدن شربت، مخلوط پکتین و ساکارز (نسبت وزنی ۱ به ۱۰) به تدریج به آن اضافه شد. به منظور تعدیل pH برای تشکیل ژل پکتین، مقدار لازم از محلول ۴۰ درصد اسیدسیتریک مورد استفاده قرار گرفت (Lubbers et al, 2003). پوره با ژل پکتین مخلوط و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. ژل نشاسته پس از انجام پخت کامل به مخلوط مذکور اضافه گردید و عملیات پخت تا رسیدن به بریکس ۴۰ در دمای ۹۰-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد ادامه یافت. در مرحله بعد ژل ژلاتین (ژلاتین به مدت ۱ ساعت در حمام ۶۰ درجه هیدراته شده بود) به مخلوط اضافه شد. ژل نهایی پس از کنترل pH و بریکس، قالب‌گذاری و پس از بستن ژل به مدت ۳ ساعت در یخچال، به قطعات مکعبی شکل ۲×۲×۲ بریده شد. خشک شدن در دمای محیط با استفاده از خشک کن طراحی شده برای این منظور به مدت ۷۲ ساعت انجام پذیرفت. این خشک کن دارای ۴ فن می‌باشد که ۲ فن در بالا و دو فن نیز بصورت عمودی در سمت چپ دستگاه قرار گرفته‌اند. فن‌های تعبیه شده دارای دور ۲۰۰۰ r.p.m و قابلیت انتقال هوا به حجم ۲۴۰ m³/h بودند.

به منظور ایجاد شرایط یکسان برای تمام نمونه‌ها و کاهش خطای آزمایش طبقات خشک کن بلوک بندی شدند و در طی مدت خشک کردن فرآورده تنها از فن‌های جانبی استفاده شد. دمای محفظه داخلی خشک کن ۳±۲۲ درجه سانتی‌گراد و میزان رطوبت ۴±۰.۴

مهمترین عوامل موثر بر کیفیت مواد غذایی محسوب می‌شوند، ولی اغلب مصرف‌کنندگان دلیل اصلی عدم رغبت به مصرف را مشکل بافتی فرآورده‌ها عنوان می‌کنند (بورن، ۱۳۸۶).

آنالیز حسی توصیفی و اندازه‌گیری‌های دستگاهی هر دو روش های مفید جهت ارزیابی ویژگی‌های بافتی مواد غذایی هستند. تست های جایگزین (تقلیدی) و دستگاهی معمولاً برای ارزیابی ویژگی‌های بافتی استفاده می‌شوند. در تست‌های تقلیدی نظیر آنالیز پروفایل بافت سعی بر این است تا حرکات مکانیکی گاز زدن یا جویدن شبیه سازی گردد. این روش به دلیل قابلیت اندازه‌گیری پارامترهای بافتی متعدد که دارای همبستگی بالا با داده‌های حسی هستند، طرفداران زیادی دارد (Barrangou et al, 2006; Szczesniak, 2002; Lau et al, 2000).

مولینت و همکاران (۱۹۹۸) با استفاده از روش ارایه شده توسط اسزسنياک^۱، به بررسی ویژگی‌های بافتی ۲۱ نمونه ماده غذایی پرداختند و نتایج خوبی در همبستگی روش‌های ارزیابی حسی و دستگاهی پیدا کردند.

الرواحی و همکاران (۲۰۰۶)، به بررسی ویژگی‌های بافتی یک نوع شیرینی خرمایی پرداختند. این محققان از مقیاس‌های شدتی در ارزیابی توصیفی-کمی استفاده کرده و ارتباط آن را با روش دستگاهی TPA مورد بررسی قرار دادند.

طرح مرکب مرکزی درجه دوم^۲ یا روش سطح پاسخ^۳ کاربرد بسیار گسترده‌ای دارد و در اغلب زمینه‌ها به منظور بهینه‌سازی فرمولاسیون یا شرایط عمل از آن استفاده می‌شود (Martínez et al, 2004; Ozer et al, 2004; Thakur et al, 2000). این طرح نشان دهنده چگونگی تاثیر فاکتورها (در دامنه مورد مطالعه) بر نتایج آزمایش‌هاست. به علاوه اثر متقابل فاکتورهای مذکور را نیز در بر می‌گیرد.

جهت ارزیابی داده‌های حسی از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی^۴ استفاده شد. این روش یک تکنیک مفید به منظور مقایسه میانگین داده‌های حسی است و ایراد موجود در روش‌های متداول مقایسه میانگین (تجزیه واریانس) را با کم کردن تعداد متغیرهای اصلی و ایجاد دو تا سه مولفه اصلی که بیشترین واریانس داده‌ها را در بردارند، برطرف می‌سازد. محققان زیادی از این روش در تحلیل نتایج ارزیابی حسی استفاده کرده‌اند (Sousa et al, 1997; Probola et al, 2007).

پاستیل آلو، فرآورده‌ای است طبیعی بر پایه پوره آلو، که به آن هیدروکلوئیدهای غذایی و ترکیبات شیرین‌کننده اضافه می‌شود. در

- 1- Szczesniak
- 2- Central Composite Design
- 3- Response Surface Methodology (RSM)
- 4- Principal Component Analysis

چند مرحله با انجام یکسری پرسش‌های اولیه، ۱۳ نفر از دانشجویان رشته علوم و صنایع غذایی که علاقمند به همکاری در این گروه بودند انتخاب و سپس توسط روش غربال‌گری با استفاده از محلول‌های استاندارد قندی و اسیدی، ۹ نفر از آنها به عنوان افرادی که بالاترین دقت را در انجام تست حساسیت چشایی داشتند، گزینش گردیدند (پایان، ۱۳۸۷). ارزیابان منتخب شامل ۹ دانشجوی رشته علوم و صنایع غذایی (۴ مرد و ۵ زن) در محدوده سنی ۲۲ تا ۲۳ سال بودند. ارزیابی نمونه‌ها در آزمایشگاه ارزیابی حسی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی انجام شد.

ویژگی‌های اصلی فرآورده شامل ویژگی‌های ظاهری (رنگ و شکل)، بافتی (سختی، پیوستگی، چسبندگی، آدامسی بودن) و طعم (ترشی، تعادل ترشی و شیرینی، پذیرش طعم) مورد ارزیابی قرار گرفتند. از ارزیابان درخواست شد تا قبل از خوردن نمونه، ویژگی‌های ظاهری (شدت رنگ و شکل ظاهری) را بررسی کنند. گروه ارزیاب در تعیین ویژگی‌های بافتی به روشی که اسزسینیاک (۲۰۰۲) معرفی کرده است، آموزش دیدند. آموزش اعضای پنل شامل بحث بر روی اصطلاحات علمی مورد استفاده و تعاریف حسی آنها بود (جدول ۱). براساس تحقیقات مشابهی که در گذشته انجام شده (Kealy, 2006) مقیاس‌ها تعریف و جداول مربوط به هر ویژگی طراحی گردید (جدول ۲ تا ۴). در فواصل بین ارزیابی نمونه‌ها از داوران درخواست شد برای از بین بردن اثر طعمی نمونه قبلی قطعه‌ای نان مصرف کنند (Boland et al, 2004; Demars et al, 2001).

درصد (مربوط به ۲۴ ساعت اولیه فرایند خشک کردن) بود. پس از مرحله خشک شدن، نمونه‌ها در ظروف شیشه‌ای بسته‌بندی و تا زمان انجام آزمایش در دمای محیط نگهداری شدند.

طرح آزمایشی و تجزیه و تحلیل آماری

جهت بهینه‌سازی از روش پاسخ سطح استفاده شد. در این طرح نخست بر اساس آزمایش‌های مقدماتی، دامنه تغییرات فاکتورها برای ژلاتین و نشاسته انتخاب گردید. ۱۳ فرمول مختلف از فرآورده براساس طرح مرکب مرکزی (با ۵ تکرار در نقطه مرکزی) تولید گردید. متغیرهای مستقل شامل میزان ژلاتین در دامنه ۳/۸۵ تا ۶/۹۳ درصد و میزان نشاسته در دامنه صفر تا ۳/۸۵ درصد بودند. در روش RSM برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف می‌شود که اثر اصلی و متقابل فاکتورها را بر روی هر متغیر جداگانه بیان می‌کند. مدل چند متغیره به صورت زیر می‌باشد:

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \sum \beta_{ii} X_i^2 + \sum \beta_{ij} X_i X_j \quad (1)$$

در مدل مذکور β_0 عرض از مبدأ، β_i ضریب رگرسیون خطی فاکتور i ام، β_{ii} ضریب رگرسیون درجه دوم فاکتور i ام، β_{ij} اثر متقابل فاکتور i ام و فاکتور j ام و Y متغیر وابسته می‌باشد. RSM با استفاده از نرم افزار Design-Expert نسخه ۶، روش PCA با نرم افزار Minitab نسخه ۱۴ و رسم نمودارهای همبستگی با نرم افزار Excel انجام پذیرفت.

ارزیابی حسی: به منظور انتخاب اعضای گروه ارزیاب، ابتدا در

جدول ۱- تعاریف ویژگی‌های مکانیکی بافت

ویژگی‌های فیزیکی	ویژگی‌های حسی
سختی	نیروی مورد نیاز برای رسیدن به تغییر شکل ایجاد شده
پیوستگی	میزانی که یک ماده می‌تواند تغییر شکل پیدا کند بدون اینکه بشکند.
آدامسی بودن	انرژی مورد نیاز برای جویدن مواد جامد تا حد آماده جهت بلع مجموعه‌ای از سختی، الاستیسیته و پیوستگی
	نیروی مورد نیاز برای فشردن ماده بین دندانهای آسیاب (در مورد مواد جامد) یا بین زبان و کام (در مورد مواد نیمه جامد)
	درجه‌ای که یک ماده می‌تواند بین دندانها فشرده شود قبل از اینکه بشکند.
	مدت زمان مورد نیاز برای جویدن ماده تا زمانی که آماده بلع شود (در یک سرعت ثابت با نیروی بکارگرفته)

ماخذ: اقتباس از (Szczeniak, 2002)

جدول ۲- مقیاس اصلی برای پیوستگی

مقیاس	فرآورده	نوع یا نام تجاری	اندازه نمونه
۱	نان تست	طلایی سنان	۲ سانتیمتر
۲	بیسکویت	ساقه طلایی مینو	۲ سانتیمتر
۳	پنیر خامه ای	کاله	۲ سانتیمتر
۴	سوسیس نپخته	گلپهار	۲ سانتیمتر
۵	کشمش	سبز قلمی	یک عدد

جدول ۳- مقیاس اصلی برای سختی بافت

مقیاس	فراورده	مارک تجاری یا نوع	اندازه
۱	پنیر خامه ای	کاله	۲ سانتیمتر
۲	سفیده تخم مرغ (پخته شده به مدت ۲ دقیقه)	معمولی	۲ سانتیمتر
۳	سوسیس (نپخته، بدون پوست)	گلپهار	۲ سانتیمتر
۴	پنیر پیتزا	کاله	۲ سانتیمتر
۵	زیتون شور	---	یک عدد
۶	بادام زمینی	مزمز	یک عدد
۷	هویچ نپخته و تازه	هویچ فرنگی	۲ سانتیمتر

ماخذ: اقتباس از (Szczesniak , 2002)

جدول ۴- مقیاس اصلی برای آدامسی بودن بافت

مقیاس	میانگین تعداد جویدنها	فراورده	نوع یا مارک تجاری	اندازه نمونه
۱	۱۰	نان جو	طلایی سنان	۲ سانتیمتر
۲	۱۴	نان بربری	محلی	۲ سانتیمتر
۳	۱۷	سوسیس نپخته	گلپهار	۲ سانتیمتر
۴	۲۰	آب نبات	تافی مینو	یک عدد
۵	۲۵	برگه زردآلو	---	یک عدد

ماخذ: اقتباس از (بورن، ۱۳۸۶).

ارزیابی بافت

نمونه‌ها در دو سیکل رفت و برگشتی (دو رفت و دو برگشت)، توسط پروب سیلندری به قطر ۳۵ میلی‌متر و سرعت حرکت ۶۰ میلی‌متر در دقیقه تا ۷۰ درصد ارتفاع اولیه فشرده شده، سپس فشارزدایی شدند (Takahashi et al, 2009). برای هر فرمول ۳ تکرار در نظر گرفته شد. ویژگی‌های بافتی مورد بررسی سختی، پیوستگی و قابلیت جویدن بودند.

در این پژوهش جهت آنالیز پروفایل بافت (TPA) و اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی نمونه‌های تولیدی، از دستگاه آنالیزکننده بافت مدل QTS25 CNS Farnell، ساخت کشور انگلستان استفاده شد. جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی نمونه‌های پاستیل، میزان بارگذاری دستگاه روی ۵ کیلوگرم (۵۰ نیوتن) تنظیم شد. سپس هر یک از

جدول ۵- طرح آزمایش مورد استفاده جهت تولید پاستیل میوه ای آلو و داده های پاسخ

فرمول	متغیر مستقل (درصد وزنی)	متغیر وابسته (دستگاهی)	متغیر وابسته (حسی)
	ژلاتین	نشاسته	سختی (g)
۱	۵/۳۸	۱/۹۲	۳۹۵۴ ^{bcd} ±۶۱/۷
۲	۶/۴۷	۳/۲۸	۳۷۵۹ ^{cd} ±۳۴۲
۳	۵/۳۸	۱/۹۲	۳۹۱۴ ^{bcd} ±۳۳۰
۴	۴/۳	۳/۲۸	۳۱۸۵ ^e ±۶۳/۵
۵	۶/۹۲	۱/۹۲	۴۴۹۲ ^a ±۱۷۵
۶	۳/۸۵	۱/۹۲	۳۷۴۶ ^d ±۲۵۰
۷	۵/۳۸	۱/۹۲	۴۱۸۰ ^{abc} ±۱۴۲/۶
۸	۵/۳۸	۱/۹۲	۳۸۶۹ ^{bcd} ±۱۴۳/۵
۹	۴/۳	۰/۵۶	۴۲۷۴ ^{ab} ±۲۷۵
۱۰	۶/۴۷	۰/۵۶	۴۴۷۵ ^a ±۱۸۷
۱۱	۵/۳۸	۳/۸۵	۳۰۲۶ ^e ±۵۸/۳
۱۲	۵/۳۸	۱/۹۲	۴۱۹۸ ^{ab} ±۳۵۲
۱۳	۵/۳۸	۰	۳۶۶۳ ^d ±۲۷۰

در هر ستون، درج حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار بین میانگین‌هاست.

جدول ۶- آنالیز مدل‌های مورد استفاده جهت یافتن بهترین مدل برای پاسخ‌های مورد بررسی

منبع	DF	سختی		پیوستگی		قابلیت جویدن		پذیرش کلی	
		مجموع مربعات	Pr>F	مجموع مربعات	Pr>F	مجموع مربعات	Pr>F	مجموع مربعات	Pr>F
میانگین	۱	۱/۹۴۹E+۰۰۸		۶/۹۱		۲/۸۵۳E+۰۰۹		۳۹۹/۳۹	
خطی	۲	۱/۷۵۵E+۰۰۶	۰/۰۱۹۳	۰/۰۲۹	<۰/۰۰۰۱	۹/۰۸۵E+۰۰۷	۰/۰۰۵۹	۱/۸۵	۰/۰۴۰۸
2FI	۱	۳۴۷۸۲/۲۵	۰/۶۵۰۶	۴/۰۰E-۰۰۴	۰/۳۷۳۲	۳/۳۱۹E+۰۰۵	۰/۸۱۲۹	۷/۸۴۰E-۰۰۴	۰/۹۵۴۶
درجه ۲	۲	۱/۱۳۶E+۰۰۶	۰/۰۰۳۸	۸/۰۹۸E-۰۰۳	۰/۴۶۳۹	۴/۱۵۶E+۰۰۷	۰/۰۰۲۲	۱/۸۰	۰/۰۰۰۷
درجه ۳	۲	۲۴۲۳۹/۵۹	۰/۸۰۴۰	۱/۷۵۷E-۰۰۳	۰/۱۴۸۱	۷/۰۲۲E+۰۰۵	۰/۸۱۰۷	۰/۱۵	۰/۱۰۴۹
باقیمانده	۵	۲/۶۵۹E+۰۰۵		۱/۵۳۳E-۰۰۳		۸/۰۱۹E+۰۰۶		۰/۱۱	
کل	۱۳	۱/۹۸۱E+۰۰۸		۶/۹۵		۲/۹۹۴E+۰۰۹		۴۰۳/۳	

نتایج و بحث

۱۹۹۷). به نظر می‌رسد جدا بودن فاز در این تحقیق هم وجود دارد اما چون سطح ژلاتین نسبت به نشاسته خیلی بالاست احتمالاً ژلاتین اثر اصلی را در تشکیل ژل و ساختار و سفتی آن دارد. بطوری که فرمول ۵ و ۱۰ بالاترین میزان سختی را نشان دادند. این نمونه‌ها به ترتیب حاوی بالاترین سطوح ژلاتین، یعنی ۶/۹۲ درصد و ۶/۴۷ درصد بودند.

پیوستگی بافت

همانطور که جدول ۶ نشان می‌دهد در مورد پیوستگی بافت مدل خطی بهتر می‌تواند تاثیر فاکتورها را بر این ویژگی بافتی نشان دهد ($p < 0/05$). بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، ژلاتین تأثیر معنی‌دار مثبتی بر پیوستگی بافت دارد، در حالی که تاثیر نشاسته هر چند مثبت اما کمتر است (جدول ۷).

پیوستگی مقاومت درونی ساختار ماده غذایی است و میزان آن به برهم کنش‌های درون مولکولی اجزا فرمول بستگی دارد. از نتایج افزایش غلظت ژلاتین، انسجام بافتی فرآورده است. هر ناندس و همکاران (۱۹۹۹) به این مطلب اشاره کردند که تغییر در پیوستگی بافت در ژل‌های حاصل از پالپ توت فرنگی و ژلاتین، بستگی به غلظت هیدروکلوئید مصرفی و پالپ میوه دارد. در تحقیق این محققان افزایش پالپ میوه یا کاهش غلظت هیدروکلوئید بر پیوستگی بافت نهایی ژل اثر منفی داشت. در این پژوهش نیز بالاترین پیوستگی بافت زمانی حاصل شد که میزان ژلاتین در بالاترین حد، ۶/۹۲ درصد و نشاسته ۱/۹۲ درصد بود [شکل ۱- (ب)].

در ژله‌های قنادی برهم کنش بین ژلاتین و سایر ترکیبات رخ می‌دهد و ساکاروز به پایداری این ساختار کمک می‌کند (فرهناکی و همکاران، ۱۳۸۸). بنظر می‌رسد اتصال ژلاتین - قند و جذب آب توسط ژلاتین باعث گردیده که بافت نهایی پاستیل پیوستگی مناسبی داشته باشد.

جدول ۵ فرمول‌های حاصل از ترکیب متغیرهای مستقل و نتایج حاصل از ارزیابی بافت و پذیرش کلی نمونه‌ها را نشان می‌دهد که از بین ۱۳ فرمول تولیدی، ۵ فرمول حاصل تکرار در نقطه مرکزی است. همانطور که عنوان شد، در روش RSM برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف می‌شود. مدل درجه دوم برای پیشگویی رفتار پاسخ‌ها مدلی مناسب تشخیص داده شد، ولی در مورد صفت پیوستگی بافت، مدل خطی بهتر توانست رفتار بافت را توصیف نماید (جدول ۶). در مدل‌های گزینش شده، آزمون عدم برازش برای تمام صفات اندازه گیری شده معنی‌دار نبود ($p < 0/05$). این مسئله بیانگر این است که مدل‌های انتخابی به خوبی روند داده‌ها را نشان می‌دهند. مقادیر ضریب تبیین (R^2) نیز نشانگر این است که مدل به دست آمده برای هر پاسخ می‌تواند چند درصد از تغییرات را تشریح کند (جدول ۷).

سختی بافت

میزان سختی به درصد نشاسته و ژلاتین مصرفی بستگی داشت که نشاسته دارای اثر منفی و ژلاتین دارای تاثیر مثبت بود و هیچگونه اثر متقابل بین آنها مشاهده نشد (جدول ۷). اثر درجه دو نشاسته بر سختی بافت معنی‌دار بود ($p < 0/05$). اثر درصد هیدروکلوئیدهای مصرفی بر سختی بافت در شکل ۱- (الف) مشاهده می‌شود. میزان سختی بافت با افزایش درصد نشاسته مصرفی کاهش و با افزایش مقدار ژلاتین افزایش نشان داد. سختی، مقاومت ماده غذایی نسبت به اعمال نیروی فشاری به کار گرفته شده است (Szczesniak, 2002). در سیستم‌های مخلوط ژلاتین - نشاسته استحکام ژل نهایی کمتر است، چراکه ژلاتین به زمان طولانی برای بستن نیاز دارد. بنابراین ترکیبات نشاسته ابتدا تشکیل شبکه می‌دهند و ممکن است فرایند برگشت نشاسته نیز رخ دهد که ویژگی‌های رئولوژیکی مخلوط را تغییر خواهد داد. محققان معتقدند که ضعیف‌تر بودن مخلوط ژل‌های نشاسته - ژلاتین دلیل جدا شدن فازها از یکدیگر است (Appelqvist, 2002).

جدول ۷- آنالیز واریانس جملات خطی، درجه دوم و بر همکنش برای ویژگی‌های بافتی سنجش شده با دستگاه و ضرایب ارائه شده برای هر مدل

منبع	سختی			پیوستگی			قابلیت جویدن		
	ضریب	S.S	p	ضریب	S.S	p	ضریب	S.S	p
مدل		۲/۷۹۰E+۰۰۶	۰/۰۰۰۳		۰/۰۲۹	<۰/۰۰۰۱		۱/۳۲۴E+۰۰۸	<۰/۰۰۰۱
β_0	۴۱۰۷/۱۳			۰/۷۳			۱۴۲۷۹/۳۴		
خطی β_1	-۴۰۸/۷۷	۱/۳۷۳E+۰۰۶	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۷	۲/۴۱۵E-۰۰۳	۰/۰۴۳	-۱۹۸۷/۹۵	۳/۱۶۲E+۰۰۷	۰/۰۰۰۷
β_2	۲۲۸/۷۵	۴/۱۸۶E+۰۰۵	۰/۰۱۵۷	۰/۰۵۸	۰/۰۲۷	<۰/۰۰۰۱	۲۷۲۱/۱۴	۵/۹۲۴E+۰۰۷	<۰/۰۰۰۱
درجه دو $\beta_1\beta_1$	-۳۸۲/۳۴	۱/۰۲۵E+۰۰۶	۰/۰۰۱۲	-----	-----	-----	-۱۱۳۱/۵۱	۸/۹۰۶E+۰۰۶	۰/۰۲۳
$\beta_2\beta_2$	-----	-----	-----	-----	-----	-----	۲۰۰۰/۴۴	۲/۷۸۴E+۰۰۷	۰/۰۰۱۱
متقابل $\beta_1\beta_2$	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
باقیمانده		۴/۲۶۶E+۰۰۵			۴/۴۹۹E-۰۰۳			۹/۰۵۳E+۰۰۶	
عدم برازش		۳/۳۱۰E+۰۰۵	۰/۱۷۲۷		۳/۵۷۹E-۰۰۳	۰/۱۸۷۷		۳/۱۱۸E+۰۰۶	۰/۷۲۵۸
خطا		۹۵۶۳۲			۲/۹E-۰۰۴			۱/۴۱۵E+۰۰۸	
کل		۳/۲۱۶E+۰۰۶			۰/۰۳۴				
R^2	۰/۸۶۷۴			۰/۸۶۶۵			۰/۹۳۶		
Adj- R^2	۰/۸۲۳۱			۰/۸۳۹۷			۰/۹۰۴		
Pr- R^2	۰/۶۲۷۲			۰/۷۳۹۱			۰/۸۳۳۲		
CV	۵/۶۲			۲/۹۱			۷/۱۸		

آدامسی بودن بافت

همانطور که نتایج آنالیز واریانس در جدول ۷ نشان می‌دهد، افزایش نشاسته کاهش آدامسی بودن را به دنبال داشت ($p < 0/05$). در مورد تاثیر ژلاتین نیز نتایج گویای این مطلب است که ژلاتین تاثیر مثبت بر قابلیت جویدن (آدامسی بودن) بافت داشته است [شکل ۱- (ج)]. همانطور که در بحث سختی بافت عنوان شد، به نظر می‌رسد ژلاتین نقش اصلی را در سفتی بافت دارد. با توجه به رابطه سفتی بافت و قابلیت جویدن که بولاند و همکاران (۲۰۰۶) به آن اشاره نموده‌اند، می‌توان تاثیر ژلاتین را بر آدامسی شدن بافت توضیح داد. آنها اظهار داشتند که زمان لازم برای جویدن ژل قبل از فرو بردن آن بطور معنی‌داری با سفتی ژل افزایش می‌یابد و ژل‌های سخت تر به مدت طولانی‌تری جویده می‌شوند. بنابراین همانطور که در قبل اشاره شد در نمونه‌های تولیدی افزایش ژلاتین منجر به سختی بافت شده و در نتیجه با افزایش سختی، خصلت آدامسی بودن افزایش یافته است. در این پژوهش ضریب همبستگی بین سختی بافت و قابلیت جویدن ۰/۹۰ بدست آمد (جدول ۸). بنابراین به نظر می‌رسد ژلاتین در آدامسی شدن بافت تاثیر زیادی دارد. هرناندس و همکاران (۱۹۹۹) نیز به همین مطلب اشاره کرده و تاثیر میزان ژلاتین را بر آدامسی بودن بافت، مستقیم و معنی‌دار ارزیابی کردند.

بررسی اثر متغیرها بر پذیرش کلی نمونه‌های

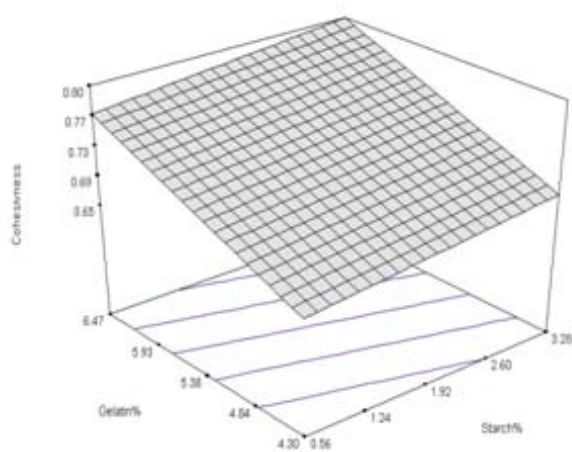
تولیدی

همانطور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود مدل درجه دوم به طور

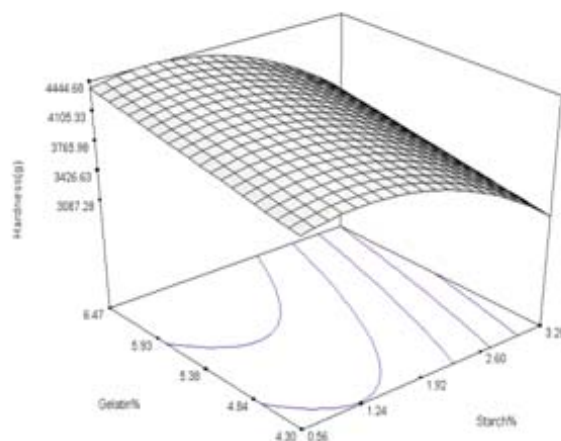
معنی‌داری توانست تاثیر متغیرها را در پذیرش کلی نمونه‌ها نشان دهد ($p < 0/05$). بر اساس نتایج آنالیز واریانس اثر نشاسته بر پذیرش کلی مثبت و تاثیر ژلاتین منفی است. با بررسی نتایج ارزیابی بافت و طعم می‌توان به این نتیجه رسید که طعم تاثیر زیادی در پذیرش کلی نمونه‌های تولیدی دارد. از طرفی نمونه‌هایی که امتیاز بالایی در ویژگی‌های سختی و آدامسی بودن بافت کسب کردند، چندان مورد پذیرش قرار نگرفتند.

فرمول‌های ۴ (۳/۲۸) درصد نشاسته و ۴/۳ درصد ژلاتین) و ۱۱ (۳/۸۵) درصد نشاسته و ۵/۳۸ درصد ژلاتین) بیشترین پذیرش را داشتند [شکل ۲- (د)]. به نظر می‌رسد که نشاسته بر درک طعم تاثیر مناسبی داشته که این رخداد توسط محققان مختلف نیز گزارش شده است.

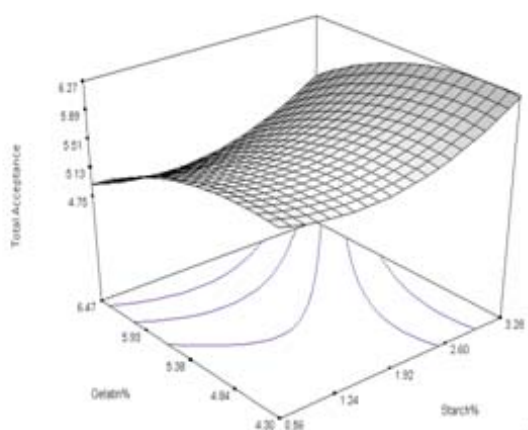
فری و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند محلول‌های تغلیظ شده نشاسته حاوی گرانول‌های متورم، در غلظت‌های بالا نسبت به سایر پلی ساکاریدها تاثیر کمتری در جلوگیری از بروز طعم داشتند و علت این مسئله را چنین بیان کردند که چنین نشاسته‌هایی به خوبی با بزاق مخلوط شده و در نتیجه رهاسازی سریعی در عوامل مزه به وقوع می‌پیوندد. حضور آنزیم آلفا-آمیلاز در بزاق منجر به تجزیه نشاسته و کاهش ویسکوزیته آن شده و درک طعم بهتر صورت می‌گیرد. شکل ۲- د تاثیر متغیرها را بر پذیرش طعم نمونه‌های تولیدی نشان می‌دهد.



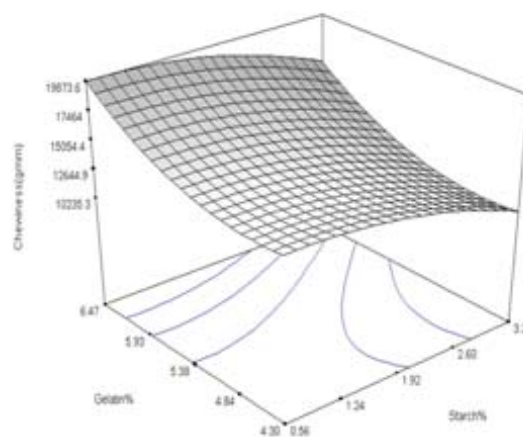
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

شکل ۱- اثر میزان متغیرهای مستقل بر ویژگی‌های بافتی و حسی نمونه‌ها (الف) اثر میزان ژلاتین و نشاسته بر سختی بافت (ب) اثر میزان ژلاتین و نشاسته بر پیوستگی بافت (ج) اثر میزان ژلاتین و نشاسته بر قابلیت جویدن بافت (د) اثر میزان ژلاتین و نشاسته بر پذیرش کلی نمونه‌ها

صفات حسی اندازه‌گیری شده در فضای نمودار نشان می‌دهد همبستگی بالایی بین ویژگی‌های طعمی و پذیرش کلی نمونه‌ها مشاهده شد. ضریب همبستگی پذیرش طعم و پذیرش کلی، $R=0.94$ که از ماتریس ضرایب بدست آمد نیز موید این مطلب است (جدول ۸). از طرفی همانطور که در شکل ۲ مشخص است بین ویژگی‌های پیوستگی، آدامسی بودن و سختی بافت همبستگی مثبت وجود داشت، درحالی‌که بین این صفات بافتی اندازه‌گیری شده و پذیرش طعم رابطه عکس برقرار بود، بطوریکه هرچه بافت پیوسته‌تر، سخت‌تر و آدامسی‌تر بود، پذیرش طعم نمونه کاهش پیدا می‌کرد. ضرایب همبستگی جدول ۸ نیز این نتایج را نشان می‌دهد. در حقیقت همانطور که اشاره شد درک طعم در سیستم‌های ژلی به سختی بافت و نوع عامل ژل کننده وابسته است. زمانی که بافت نمونه سخت و

بولاند و همکاران (۲۰۰۴)، طی پژوهشی بر روی ژل‌های ژلاتین، پکتین و نشاسته اظهار داشتند که رهاسازی طعم به طور معنی‌داری با بافت ژل در ارتباط است. ژل ژلاتین بدلیل ایجاد بافت سخت‌تر باعث رهایش کمتر مواد طعمی می‌شود. در مجموع این وقایع باعث کاهش امتیاز پذیرش کلی در نمونه‌های حاوی مقادیر بالای ژلاتین گردید.

ارزیابی داده‌های حسی که با استفاده از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی انجام گرفت، امکان بررسی ارتباط بین ویژگی‌های حسی تعریف شده را فراهم می‌کند، بطوریکه در فضای PCA صفاتی که در کنار هم قرار می‌گیرند بیانگر همبستگی نزدیک آنها بهم است و صفاتی که در این فضا در دو جهت عکس هم قرار می‌گیرند همبستگی منفی با هم دارند (شکل ۲). همانطور که محل قرارگیری

نتیجه گیری

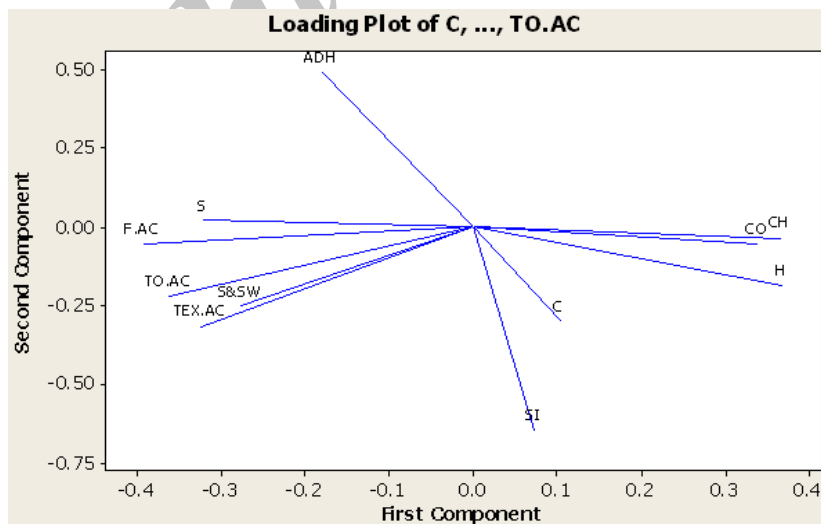
در این پژوهش تولید پاستیل بر پایه پوره آلو به عنوان یک فرآورده نوظهور با بافت، طعم و ویژگی‌های حسی مناسب مورد ارزیابی قرار گرفت. با بررسی سطوح مختلف هیدروکلوئیدهای مصرفی، مشخص شد که نشاسته در حفظ و رهاسازی طعم تاثیر مثبتی دارد، درحالی که مقادیر پایین ژلاتین سبب ایجاد بافتی مناسب با ویژگی های مورد پذیرش مصرف کننده می گردد. همچنین نتایج نشان داد که ویژگی های بافتی فرآورده با هم در ارتباط بوده و کیفیت بافتی بر درک طعم و پذیرش آن تاثیر بسیار زیادی دارد.

آدامسی است، زمان بیشتری لازم است تا نمونه جویده شده و بنظر می رسد به این دلیل درک مواد طعم زا کاهش می یابد و چون درک طعم و پذیرش نمونه رابطه مستقیمی دارد آدامسی بودن بافت منجر به کاهش درک طعم و در نتیجه کاهش پذیرش نمونه می شود. جهت بهینه سازی فرمولاسیون نیاز به برآورد حدمطلوب پارامترهای بافتی بود. حد مطلوب پارامترهای بافتی دستگاهی با توجه به امتیاز ویژگی های حسی تعیین گردید. برای حصول بهترین فرمولاسیون نیاز به ۴/۴۱ درصد ژلاتین و ۳/۲۸ درصد نشاسته است که در این شرایط پاستیل حاصل دارای سختی برابر با ۳۲۴۲/۰۹ g، پیوستگی برابر با ۰/۶۹ و قابلیت جویدن معادل ۱۰۳۲۹/۸۶ gmm خواهد بود.

جدول ۸- ماتریس ضرایب همبستگی داده های حسی نمونه های مورد بررسی

رنگ	ظاهر	سختی	پیوستگی	آدامسی	چسبندگی	پذیرش بافت	ترشی	تعادل	پذیرش طعم
ظاهر	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۴۳ ^{ns}	۰/۳۰ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۷۱ ^{**}	۰/۹۴ ^{**}
سختی	۰/۲۷ ^{ns}	۰/۷۴ ^{**}	۰/۳۰ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۷۱ ^{**}	۰/۹۴ ^{**}
پیوستگی	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۹۰ ^{**}	۰/۷۴ ^{**}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۷۱ ^{**}	۰/۹۴ ^{**}
آدامسی	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۹۰ ^{**}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۷۱ ^{**}	۰/۹۴ ^{**}
چسبندگی	۰/۴۱ ^{ns}	۰/۶۶ [*]	۰/۶۵ [*]	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۷۱ ^{**}	۰/۹۴ ^{**}
پذیرش بافت	۰/۲۰ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۶۴ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۷۱ ^{**}	۰/۹۴ ^{**}
ترشی	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۷۲ ^{**}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۷۱ ^{**}	۰/۹۴ ^{**}
تعادل طعم	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۵۰ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۷۱ ^{**}	۰/۹۴ ^{**}
پذیرش طعم	۰/۲۴ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۹۰ ^{**}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۷۱ ^{**}	۰/۹۴ ^{**}
پذیرش کل	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۷۸ ^{**}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۷۱ ^{**}	۰/۹۴ ^{**}

**معنی دار ۰/۰۱ < p *معنی دار ۰/۰۵ < p ns بی معنی



شکل ۲- سهم ویژگی های حسی اندازه گیری شده در مولفه اصلی اول و دوم

C- شدت رنگ، S.T- ویژگی های ظاهری، H- سختی، Coh- پیوستگی، Ch- آدامسی بودن، Adh- چسبندگی، Tex.Ac- پذیرش بافت، S&S- تعادل ترشی و شیرینی، F.Ac- پذیرش طعم، To.Ac- پذیرش کلی.

قدردانی

از شرکت ایران چاشنی که حمایت مالی این پروژه را در غالب طرح ارتباط علمی دانشگاه و جامعه عهده‌دار گشتند و همچنین از ارزیابان حسی که نهایت همکاری را در انجام این تحقیق مبذول داشتند، سپاسگزاری می‌شود.

نمونه‌های دارای بافت سخت و با ویژگی آدامسی بودن پذیرش پایینی کسب کردند. میزان سختی و آدامسی بودن بافت با درصد نشاسته مصرفی رابطه عکس و با درصد ژلاتین رابطه مستقیم داشت. همچنین برای حصول بهترین فرمولاسیون نیاز به ۴/۴۱ درصد ژلاتین و ۳/۲۸ درصد نشاسته است.

منابع

- بورن، م، ۱۳۸۶، رئولوژی مواد غذایی، بافت و گرانروی مواد غذایی، مفهوم و اندازه گیری، مترجم عباسی، س، نشر مرز دانش، تهران، صفحات ۲۴۰، ۲۴۱ و ۲۴۱.
- پایان، ر، ۱۳۸۷، مبانی کنترل کیفیت در صنایع غذایی، نشر آبیژن، تهران، صفحه ۶۷.
- فرهناکی، ع، مجذوبی، م، و مصباحی، غ، ۱۳۸۸، خصوصیات و کاربردهای هیدروکلوئیدها در مواد غذایی و دارویی: ژلاتین، کنیرا، صمغ عربی، نشاسته، نشاسته اصلاح شده و پکتین، نشر علم کشاورزی ایران، تهران، صفحه ۱۴.
- Al-Rawahi, A., Kasapis, S., Al-Maamari, S., & Al-Saadi, A., 2006, Development of a date confectionery: Part 2. Relating instrumental texture to sensory evaluation. *International Journal of Food Properties*, 9(3), 365-375.
- Appelqvist, I. A. M., & Debet, M. R. M., 1997, Starch-biopolymer interactions - A review. *Food Reviews International*, 13(2), 163-224.
- Barrangou, L. M., Drake, M. A., Daubert, C. R., & Foegeding, E. A., 2006, Sensory texture related to large-strain rheological properties of agarglycerol gels as a model food. *Journal of Texture Studies*, 37(3), 241-262.
- Boland, A. B., Buhr, K., Giannouli, P., & Van Ruth, S. M., 2004, Influence of gelatin, starch, pectin and artificial saliva on the release of 11 flavour compounds from model gel systems. *Food Chemistry*, 86(3), 401-411.
- Burey, P., Bhandari, B. R., Rutgers, R. P. G., Halley, P. J., & Torley, P. J., 2009, Confectionery gels: A review on formulation, rheological and structural aspects. *International Journal of Food Properties*, 12(1), 176-210.
- DeMars, L. L., & Ziegler, G. R., 2001, Texture and structure of gelatin/pectin-based gummy confections. *Food Hydrocolloids*, 15(4-6), 643-653.
- Ergun, R., Lietha, R., & Hartel, R. W., 2010, Moisture and shelf life in sugar confections. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(2), 162-192.
- Ferry, A. L., Hort, J., Mitchell, J. R., Cook, D. J., Lagarrigue, S., & Valles Pamies, B., 2006, Viscosity and flavour perception: Why is starch different from hydrocolloids? *Food Hydrocolloids*, 20(6), 855-862.
- Hernández, M. J., Durán, L., & Costell, E., 1999, Influence of composition on mechanical properties of strawberry gels. Compression test and texture profile analysis. *Food Science and Technology International*, 5(1), 79-87.
- Horang, O and Steve, A., 2001, Hydrocolloid Confectionary. European patent 117304
- Gordon, B., 1990, *Snack Food*. Van Nostrand Reinhold. New York, pp. 95,105.
- Kealy, T., 2006, Application of liquid and solid rheological technologies to the textural characterisation of semi-solid foods. *Food Research International*, 39(3), 265-276.
- Lau, M. H., Tang, J., & Paulson, A. T., 2000, Texture profile and turbidity of gellan/gelatin mixed gels. *Food Research International*, 33(8), 665-671.
- Loh, J., Dulin, D., and Cha., A. 2003. Gelatin Extender. United States Patent:6669977
- Lubbers, S., & Guichard, E., 2003, The effects of sugars and pectin on flavour release from a fruit pastille model system. *Food Chemistry*, 81(2), 269-273.
- Meullenet, J., B. Lyon., J. Carpenter and C. Lyon., 1998, Relationship between Sensory and Instrumental Texture Profile attributes. *Journal of Sensory Studies* 13,77-93.
- Martínez, B., Rincón, F., Ibáñez, M. V., & Abellán, P., 2004, Improving the Nutritive Value of Homogenized Infant Foods Using Response Surface Methodology. *Journal of Food Science*, 69(1).
- Ozer, E. A., Ibanoglu, S., Ainsworth, P., & Yağmur, C., 2004, Expansion characteristics of a nutritious extruded snack food using response surface methodology. *European Food Research and Technology*, 218(5), 474-479.
- Probola, G., & Zander, L., 2007, Application of PCA method for characterisation of textural properties of selected ready-to-eat meat products. *Journal of Food Engineering*, 83(1), 93-98.
- Sousa, I. M. N., Matias, E. C., & Laureano, O., 1997, The texture of low calorie grape juice jelly. *Zeitschrift fur Lebensmittel -Untersuchung und -Forschung*, 205(2), 140-142.

- Szczesniak, A. S., 2002, Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13(4), 215-225.
- Takahashi, T., Hayakawa, F., Kumagai, M., Akiyama, Y., & Kohyama, K., 2009, Relations among mechanical properties, human bite parameters, and ease of chewing of solid foods with various textures. *Journal of Food Engineering*, 95(3), 400-409.
- Thakur, S., & Saxena, D. C., 2000, Formulation of Extruded Snack Food (Gum Based Cereal-Pulse Blend): Optimization of Ingredients Levels Using Response Surface Methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 33(5), 354-361.

Archive of SID