

مقایسه روش‌های ارزیابی حسی و اندازه‌گیری دستگاهی بافت نان با آزمون رگرسیون PLS

نسیم ابراهیم‌پور^۱، سیدهای پیغمبردوست^{۲*}، سیدعباس رأفت^۳ و صدیف آزادمرد دمیرچی^۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۲۴

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۸

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

۳- استادیار گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبه: Email: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

چکیده

در این مطالعه آزمون آماری رگرسیون کمترین مربعات جزئی (PLS) برای تجزیه و تحلیل نتایج اندازه‌گیری بافت نان بدون گلوتن تهیه شده از نسبت‌های مختلف هیدروکلوئیدهای پکتین، گوار و کاراگینان مورد استفاده قرار گرفت. ضریب همبستگی بین سفتی بافت اندازه‌گیری شده با روش دستگاهی با صفات حسی نرمی مغز نان، خاصیت ارتجاعی، پوکی و تخلخل، قابلیت جویدن و بیاتی به ترتیب -0.75 ، -0.75 ، -0.40 ، -0.69 و -0.71 بدست آمد. صفات حسی نان همبستگی خوبی با ویژگی‌های کیفی نان مانند حجم و ارتفاع نشان دادند. یعنی نان‌های با حجم و ارتفاع بالا از بافت مغز نرمتر و خاصیت ارتجاعی بهتری برخوردار بودند. نتایج ضرایب اهمیت (VIP) بدست آمده در آزمون رگرسیون PLS در مورد متغیرهای سفتی دستگاهی، حجم و ارتفاع نان نشان داد که سفتی دستگاهی بالاترین ضرایب اهمیت را در مدل رگرسیون PLS برای پیشگویی تک تک صفات حسی برخوردار بود. نتایج آزمون PLS نشان داد که روش دستگاهی اندازه‌گیری بافت (اینسترون) به خوبی توانست صفات کیفی (حجم و ارتفاع) و صفات حسی (نرمی، خاصیت ارتجاعی، قابلیت جویدن و بیاتی) نان را پیش‌بینی کند. در نتیجه اندازه‌گیری سفتی بافت مغز نان با روش دستگاهی می‌تواند جایگزین بخشی از آزمون حسی به منظور ارزیابی کیفیت محصول گردد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی حسی، اینسترون، نان، همبستگی، رگرسیون PLS

Comparison study of sensory and instrumental evaluation of bread texture using PLS regression analysis

N Ebrahimpour¹, S H Peighambardoust^{2*}, S A Rafat³ and S Azadmard Damirchi²

Received: June 14, 2010

Accepted: February 27, 2012

¹MSc Graduated, Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

²Associate Prof., Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

³Assistant Prof., Department of Animal Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

*Corresponding author: Email: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

Abstract

In this study, Partial Least Squares (PLS) statistical procedure was used to analyse the results of texture measurements of gluten-free breads prepared from different proportions of pectin, guar and carageenan hydrocolloids. Correlation coefficient between instrumental firmness of bread with sensory quality attributes of resilience, porosity, chewability and staling were found to be -0.75, -0.75, -0.40 and -0.71, respectively. Bread sensory attributes showed good correlations with quality attributes such as loaf volume and height, indicating that breads with higher loaves and heights corresponded to softer crumb and better crumb resilience. The results obtained for VIP coefficients in PLS regression for instrumental firmness, loaf volume and height variables indicated that instrumental firmness could able to better predict the individual sensory attributes of bread. PLS results showed that instrumental bread firmness (using Instron) could successfully predict quality (loaf volume and height) and sensory (softness, resilience, chewability and staling) characteristics of bread. Thus, instrumental bread firmness could be replaced to sensory analysis in evaluating bread quality.

Keywords: Sensory evaluation; Instron; Bread; Correlation; PLS regression

مقدمه

روش ارزیابی حسی و اندازه گیری دستگامی به منظور ارزیابی کیفیت بافت نان مورد استفاده قرار می‌گیرد (مولینت و همکاران ۱۹۹۸). استفاده از حواس انسان برای ارزیابی مواد غذایی، دارای محدودیت‌های زیادی است. زیرا حساسیت حواس انسان از یک طرف تابع عوامل مختلفی مانند نژاد، فرد، حالت فیزیولوژیک، سن، جنس و ابتلاء به بیماری‌ها است، و از طرف دیگر تابع عوامل محیطی مانند، سرما، گرما، نور و فشار، عوامل روانی، اجتماعی، فرهنگی و مذهبی و عادات و سلیقه‌های غذایی است. ارزیابی حسی ابزار مناسبی برای بررسی بافت محصول در طی نگهداری مواد غذایی می‌باشد اما تکرار ارزیابی‌های حسی در مدت زمان نگهداری هزینه-

بافت نان تأثیر زیادی در درک مصرف کنندگان از کیفیت نان دارد (کارسون و سون ۲۰۰۱). ارزیابی بافت نان اغلب مرحله مهمی در توسعه محصول جدید یا بهینه کردن متغیرهای یک فرآیند می‌باشد (مولینت و همکاران ۱۹۹۸). از میان تغییراتی که در طی نگهداری نان روی می‌دهد، سفت شدن بافت مغز نان بطور گسترده‌ای برای ارزیابی بیاتی استفاده می‌شود (گامبارو و همکاران ۲۰۰۴). سفتی، مقاومت مغز نان به تغییر شکل است و ویژگی بافتی می‌باشد که عموماً به منظور ارزیابی بیاتی نان مورد استفاده قرار می‌گیرد (پیازا و ماسی ۱۹۹۵). در اغلب مطالعات کیفیت نان دو

سیستماتیک زیادی را که در داده‌های حسی وجود دارد را پیش بینی کند. با استفاده از این روش رگرسیون می-توان به خوبی با اندازه گیری‌های بافت نان به روش دستگاهی، ویژگی‌های حسی بافت را پیش بینی نمود (گامبارو و همکاران ۲۰۰۲). هدف از این مطالعه ارزیابی بافت نان با استفاده از ارتباط میان ویژگی‌های حسی و اندازه گیری‌های سفتی دستگاهی توسط آزمون رگرسیون PLS است.

مواد و روش‌ها

مواد

نشاسته گندم (شرکت چی چست، ارومیه)، آرد گندم، هیدروکلئیدها شامل پکتین (PROVIadd PEC1903)، پروویسکو، سوئد، گوار (PROVIgel NAG 755)، پرووالا (PROVALA BG 126)، کاراگینان (پروویسکو، سوئد)، پروویسکو، سوئد، کازئینات سدیم حاوی ۹۰٪ پروتئین (شرکت کازئینات ایران، تهران)، شیر خشک ۲/۵٪ چربی (شرکت پاک، تهران)، مخمر نانوائی فعال (شرکت فریمان مشهد)، روغن گیاهی مایع (ورامین، شرکت سهامی روغن‌کشی خرمشهر)، بهبود دهنده نانوائی (شرکت ایکا-پلاس^۲ ترکیه) و نمک طعام تصفیه شده (تهیه شده از بازار محلی) مورد استفاده قرار گرفت.

فرمولاسیون و تهیه نان بدون گلوتن

جهت تهیه نان از روش و فرمولاسیون ارائه شده توسط ابراهیم پور و همکاران (۱۳۸۹ الف) استفاده شد.

اندازه گیری حجم و ارتفاع نان

برای اندازه گیری حجم نان از روش ابراهیم پور و همکاران (۱۳۸۹ ب) استفاده گردید.

ارزیابی حسی نان

برای ارزیابی حسی نان از روش ابراهیم پور و همکاران (۱۳۸۹ الف) استفاده شد.

بر بوده و نتایج آن چندان قابل اتکا نیست (گامبارو و همکاران ۲۰۰۴).

دستگاه‌های متعددی برای اندازه گیری بافت نان استفاده می‌شود، در این میان ابزاری که بطور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد و در بعضی موارد نیز همبستگی نزدیکی با ارزیابی حسی نشان می‌دهد دستگاه "ماشین آزمون عمومی" (اینستران) می‌باشد (برادی و مایر ۱۹۸۵). عموماً به منظور ارزیابی ارتباط بین درک حسی و اندازه گیری‌های دستگاهی برای پیش‌بینی واکنش مصرف کننده یا به عنوان ابزار کنترل کیفیت از همبستگی پیرسون استفاده می‌شود (مولینت و همکاران ۱۹۹۸). اگر ویژگی‌های بافتی با یک ویژگی فیزیکی مرتبط باشد، این ویژگی‌ها می‌توانند برای کنترل کیفیت در طی فرآیند یا نگهداری استفاده شوند (گامبارو و همکاران ۲۰۰۲).

اندازه گیری‌های دستگاهی (فشرده‌گی) سفتی بافت مغز نان همبستگی نزدیکی با ارزیابی حسی در طی نگهداری نان نشان می‌دهند (گامبارو و همکاران ۲۰۰۴). مولینت و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند مقادیر همبستگی بین دو روش حسی و دستگاهی در بیست و یک نوع ماده غذایی کمتر از ۰/۸ می‌باشد. باشفور و هارتونگ (۱۹۷۶) همبستگی خوبی را میان اندازه گیری‌های دستگاهی و حسی نان یافتند.

داده‌های دستگاهی می‌تواند منعکس کننده اندازه-گیری‌های حسی باشد که بوسیله همبستگی بالای بدست آمده قابل اثبات می‌باشد. آزمون رگرسیون کمترین مربعات جزئی^۱ یا PLS می‌تواند به خوبی ویژگی‌های حسی بافت را بوسیله اندازه گیری‌های دستگاهی بافت پیش‌بینی کند و به منظور آنالیز ارتباط بین ماتریس-های حسی و فیزیکی مورد استفاده قرار گیرد. در این روش از داده‌های فیزیکی تعداد کمی ترکیبات خطی (فاکتورهای PLS) استخراج شده که می‌تواند متغیرهای

² Eka-plus

¹ Partial Least Squares (PLS)

بررسی سفتی بافت مغز نان

برای اندازه‌گیری سفتی دستگاهی مغز نان از روش ابراهیم پور و همکاران (۱۳۸۹ الف) استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق بمنظور تجزیه و تحلیل آماری از همبستگی پیرسون و رگرسیون کمترین مربعات جزئی (PLS) بشرح ذیل استفاده گردید:

رگرسیون PLS

رگرسیون یکی از ابزارهای مهم برای پیش‌بینی متغیرهای وابسته از روی متغیرهای مستقل می‌باشد. اما در برخی مطالعات معایبی وجود دارد که تحلیل رگرسیونی (رگرسیون حداقل مربعات) را نامعتبر می‌سازد. یکی از این معایب وجود هم‌خطی بین متغیرهای مستقل یا توضیحی است. بنابراین محققان روش‌های جدیدی برای بنا کردن معادله پیش‌بینی ارائه داده‌اند که روش رگرسیونی موسوم به "کمترین مربعات جزئی (PLS)" است. در این روش مؤلفه‌های جدید متعامدی که ترکیب خطی از متغیرهای اولیه هستند، ایجاد شده سپس از این مؤلفه‌ها برای ساختن معادله رگرسیونی استفاده می‌شود. به منظور طبقه‌بندی هیدروکلوئیدهای مورد آزمون و روابط بین متغیرهای مستقل (حجم، ارتفاع و سفتی دستگاهی) و وابسته (صفات حسی نان شامل نرمی، خاصیت ارتجاعی، قابلیت جویدن بافت مغز نان و بیاتی) از روش رگرسیون PLS با استفاده از نرم افزار XLSTAT استفاده شد. در آزمون رگرسیون PLS همه متغیرهای مستقل و وابسته بر روی نقشه دایره‌ای شکل رسم گردیده و با تجزیه و تحلیل آن مشخص می‌شود که کدام یک از متغیرهای مستقل صفات وابسته را به خوبی توجیه می‌نماید. بدین ترتیب یک نقشه همبستگی‌ها ترسیم می‌شود تا همه روابط بین متغیرها به صورت دو جزء t_1 و t_2 بر روی آن قابل ملاحظه باشند. متغیرهایی که در وسط نقشه باشند همبستگی ضعیفی را نشان می‌دهند (تنهاس و

همکاران، ۲۰۰۵). هدف کلی در این روش آن است که از فاکتورهای استفاده‌شده تا پاسخ را پیش‌بینی نماید که این فرآیند توسط استخراج متغیرهای مکنون (latent) انجام می‌گیرد. بعبارت دیگر متغیرهای مکنون یا فاکتورهای PLS بصورت یک ترکیب خطی از متغیرهای مستقل ظاهر می‌شوند. معمولاً ۲ الی ۷ فاکتور اول، حدود ۹۹ درصد تغییرات را می‌تواند توجیه نماید (آدینسافت، ۲۰۰۹).

تعریف VIP، تعریف ضرایب استاندارد شده VIP و کاربردهای آنها در آنالیز PLS:

در مدل رگرسیون PLS ضرایب VIP^۱ منعکس‌کننده اهمیت هر متغیر X در هر دو امتیاز X و Y می‌باشند چرا که امتیازات متغیرهای وابسته Y از روی امتیازات متغیرهای مستقل X پیش‌گویی می‌شوند. ضرایب VIP برای هر متغیر مستقل به ازاء هر واحد افزایش تعداد مؤلفه‌ها در آزمون رگرسیون PLS را نشان می‌دهد. همچنین ضرایب استاندارد شده VIP تعیین می‌شود تا اثر تک تک X ها بر روی Y ها به آسانی قابل مشاهده باشد. به این ترتیب مؤثرترین متغیرها و درجه اهمیت آنها به سرعت شناسایی و تشخیص داده می‌شوند.

نتایج و بحث

ضریب همبستگی (R)

نیروی فشردگی (N) مقاومت مغز نان به نیروی اعمال شده توسط پروب اندازه‌گیری را بیان می‌کند و نشان‌دهنده میزان سفتی بافت مغز نان می‌باشد (استولمن و لانگرن ۱۹۸۷). ارتباط میان اندازه‌گیری‌های سفتی بافت نان به روش دستگاهی و نرمی بافت نان به روش ارزیابی حسی در شکل ۱ نشان داده شده است. بین دو سری داده ارتباط خطی منفی قوی وجود دارد. بدان معنا که مقدار نیروی کمتری با اینستران

^۱ Variable Importance in Projection

قابلیت جویدن با سفتی دستگاهی ۷۴ / - می باشد. مولینت و همکاران (۱۹۹۸) با استفاده از آنالیز پروفایل بافت دستگاهی و حسی بافت، بیست و یک نوع ماده غذایی را مورد بررسی قرار دادند.

این محققین همبستگی خطی قوی بین سفتی حسی و دستگاهی ($r = +0.76, P < 0.001$) و قابلیت ارتجاعی ($r = +0.82, P < 0.001$) بدست آوردند. برادی و مایر (۱۹۸۵) ضریب همبستگی کمتر از ۰/۵۸ را میان اندازه گیری های حسی و دستگاهی در نان چاودار و فرانسه یافتند. مونته ژانو و همکاران (۱۹۸۵) بین سفتی دستگاهی و حسی همبستگی معنی داری ($P < 0.001$) یافتند. این محققین همچنین همبستگی بالایی را بین قابلیت جویدن حسی و سفتی دستگاهی ($r = +0.74, P < 0.05$) گزارش کردند.

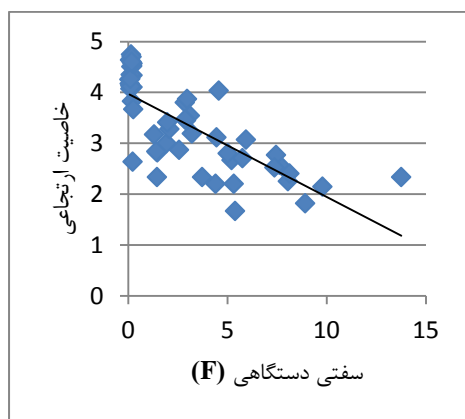
برای نان نرمتر اندازه گیری می شود. در حالی که استولمن و لانگرن (۱۹۸۷) میان سفتی دستگاهی و نرمی حسی همبستگی منفی غیرخطی بدست آوردند. هر دو نوع داده نشان می دهند با گذشت زمان نان سفت تر می شود. ضرایب همبستگی پیرسون (R) میان داده های حسی و دستگاهی در جدول ۲ نشان داده شده است.

به استثناء پوکی و تخلخل سایر پارامترهای حسی همبستگی بالایی را با سفتی دستگاهی نشان داده اند ($P < 0.001$). نرمی بافت مغز نان، خاصیت ارتجاعی، قابلیت جویدن و بیاتی همبستگی بالایی را با داده های سفتی دستگاهی نشان دادند. این نتایج مطابق یافته های گامبارو و همکاران (۲۰۰۲) می باشد. این محققین نشان دادند ضریب همبستگی میان نرمی حسی و همچنین

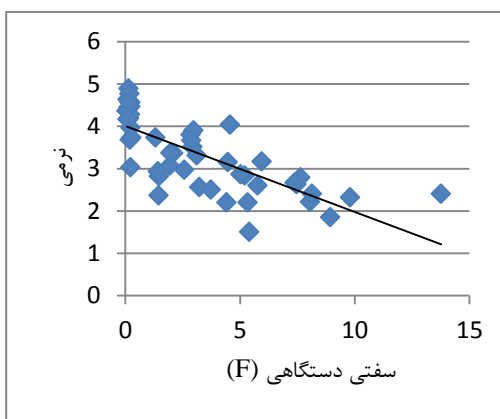
جدول ۲- ضریب همبستگی میان داده های حسی و دستگاهی (R)

سفتی دستگاهی	نرمی بافت مغز	خاصیت ارتجاعی	پوکی و تخلخل	قابلیت جویدن	بیاتی
-۰/۷۵***	-۰/۷۵***	-۰/۷۵***	-۰/۴۰**	-۰/۶۹***	-۰/۷۱***

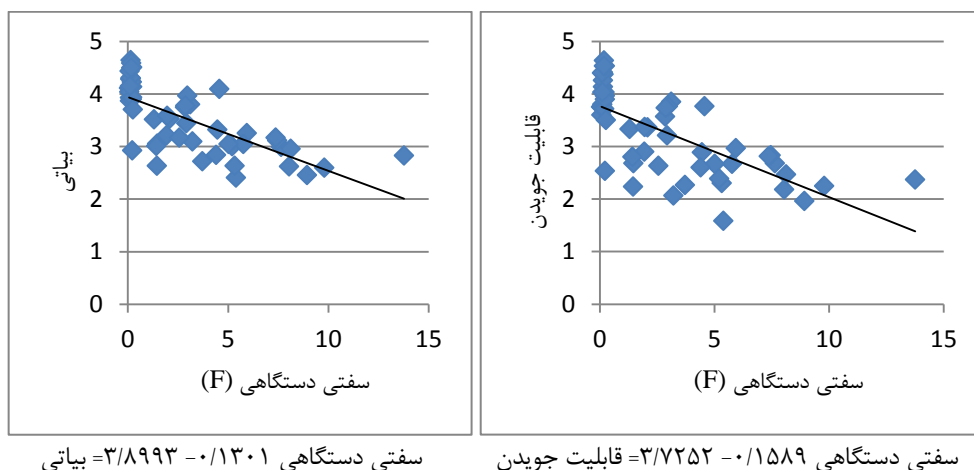
*** و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۰/۱ درصد.



سفتی دستگاهی ۱۸۸۴ - ۳/۹۱۰۱ = خاصیت ارتجاعی



سفتی دستگاهی ۱۸۹۵ - ۳/۹۸ = نرمی



شکل ۱- نمودارهای همبستگی پیرسون بین اندازه گیریهای سفتی دستگاهی با صفات حسی

بیاتی	۱/۰۰	- ۰/۶۰
-------	------	--------

آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA^۱)

مؤلفه‌های اصلی PCA داده‌های حسی مربوط به ۱۵ نمونه نان در طی سه روز نگهداری با دو مؤلفه اصلی به ترتیب ۹۱/۲۴٪ و ۷/۷۵٪ واریانس محاسبه شده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که همه داده‌های حسی ارتباط (همبستگی) مثبتی با همدیگر دارند (جدول ۳). PCA داده‌های سفتی دستگاهی، حجم و ارتفاع نان نیز با دو مؤلفه اصلی به ترتیب ۶۹/۹۱٪ و ۲۵/۷۵٪ واریانس محاسبه شده‌اند. نتایج نشان داد ارتباط حجم و ارتفاع مثبت و سفتی دستگاهی منفی است (جدول ۴). بدان معنا که میان داده‌های حجم و ارتفاع با سفتی دستگاهی ارتباط منفی وجود دارد. ارتباط میان حجم قرص و سفتی بافت مغز نان توسط ملکی و همکاران (۱۹۸۰) بررسی شده است. این محققین مشاهده نمودند نان با حجم بالاتر نرمتر بوده و در طی نگهداری نیز نسبت به نان با حجم کمتر نرمتر باقی می‌ماند.

جدول ۴- تجزیه به مؤلفه های اصلی داده های دستگاهی

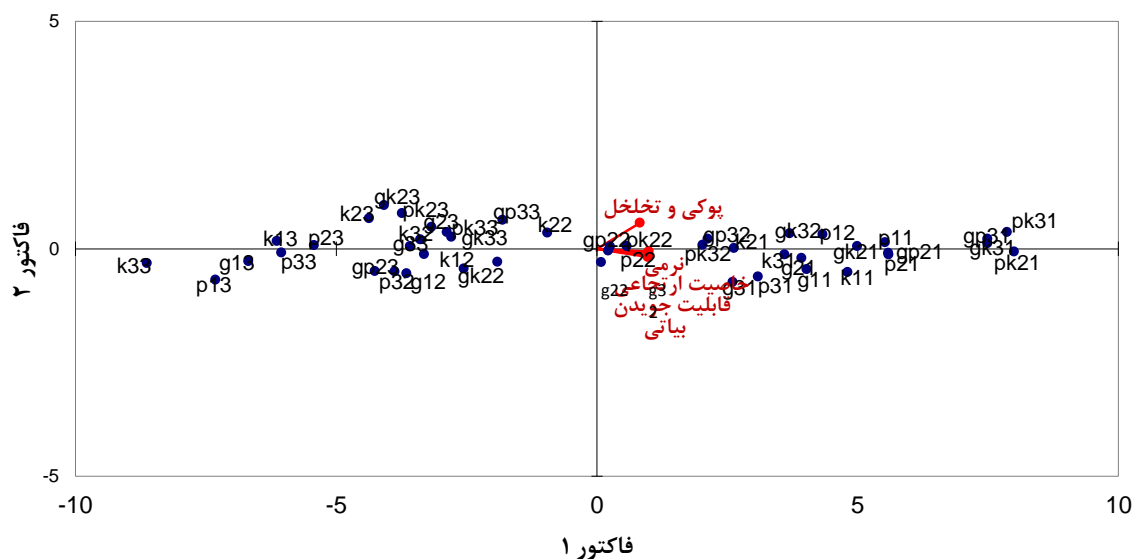
صفات دستگاهی	PC1	PC2
حجم	۰/۹۴	۰/۲۲
ارتفاع	۰/۹۲	۰/۳۰
سفتی دستگاهی	-۰/۶۰	۰/۸۰

امتیازات نان‌ها برای دو PC در شکل‌های ۲ و ۳ (به ترتیب داده‌های حسی و دستگاهی) نشان داده شده است. همچنین PC ترکیب داده‌های حسی و دستگاهی نیز در شکل ۴ نشان داده شده است. اشکال ۲ و ۳ نشان می‌دهند که نمونه‌ها بواسطه زمان ماندگاری و امتیازدهی جداسازی می‌شوند. نمونه های با کیفیت بالاتر، امتیازات حسی بالاتری را نیز نشان می‌دهند. بدین ترتیب نمونه های مربوط به روز سوم نگهداری امتیاز نرمی، خاصیت ارتجاعی، قابلیت جویدن و بیاتی کمتری را دریافت می‌نمایند. مشابهاً این نمونه‌ها سفتی دستگاهی بالاتری را نیز نشان می‌دهند. تیمارهایی که در ناحیه مثبت نمودار قرار دارند طی سه روز نگهداری از کیفیت حسی بالاتری برخوردار می‌باشند. همانطور که مشاهده می‌گردد تیمارهای ترکیبی امتیاز حسی بالاتری را کسب کرده‌اند.

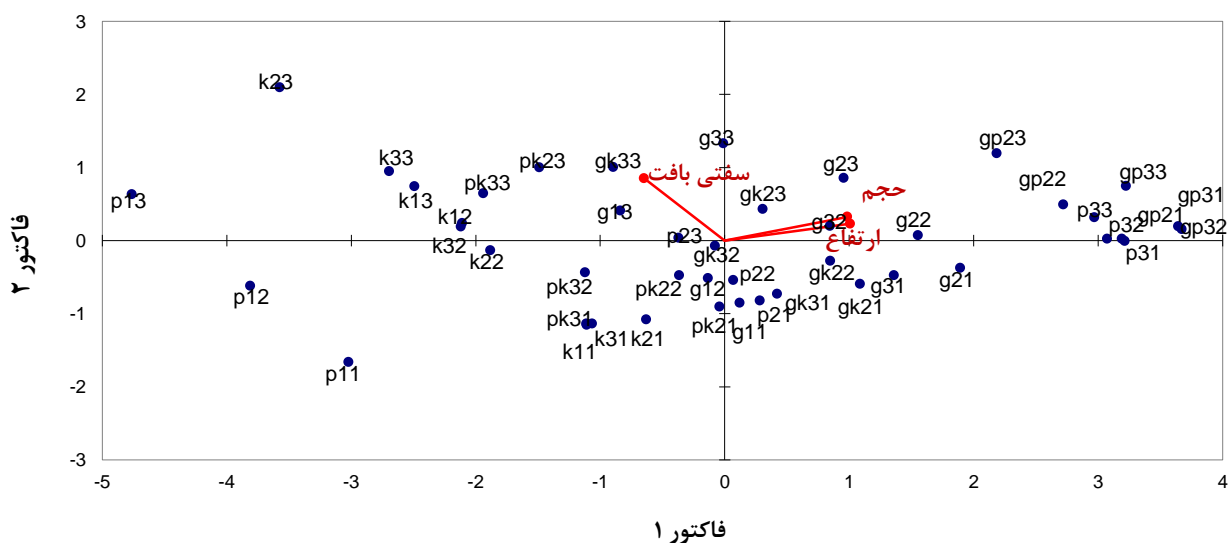
جدول ۳- تجزیه به مؤلفه های اصلی داده های حسی

صفات ارزیابی حسی	PC1	PC2
نرمی	۰/۹۸	- ۰/۱۸
خاصیت ارتجاعی	۰/۹۸	- ۰/۱۵
پوکی و تخلخل	۰/۸۲	۰/۵۷
قابلیت جویدن	۰/۹۹	- ۰/۰۹

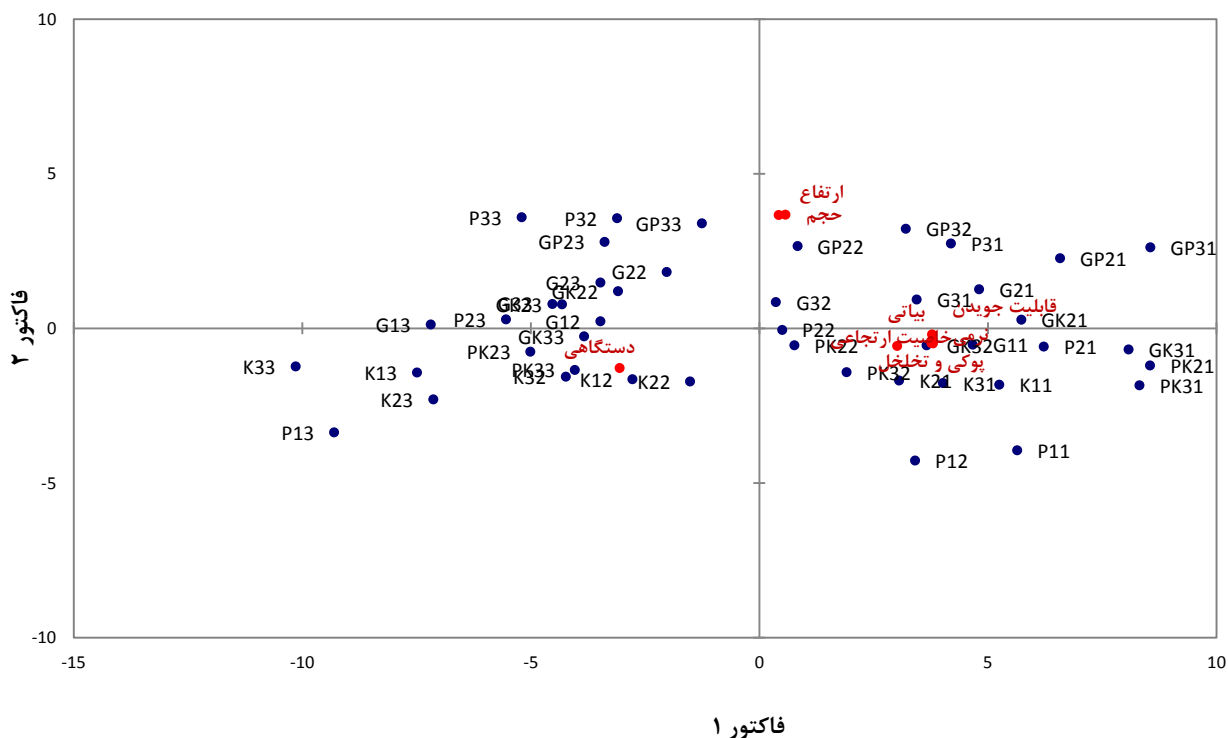
¹ Principle component analysis



شکل ۲- فاکتورهای ارزیابی حسی - PCA. (تیمارها با حروف لاتین به شرح ذیل می‌باشند: پکتین P، گوار G و کاراگینان K، گوار- پکتین GP، گوار- کاراگینان GK و پکتین- کاراگینان PK. عدد اول در مقابل تیمارها نشان‌دهنده درصد هیدروکلوئید مورد استفاده و عدد دوم نشان دهنده تعداد روز نگهداری می‌باشد.)



شکل ۳- داده‌های حجم، ارتفاع و سفتی بافت دستگاهی - PCA (تیمارها با حروف لاتین به شرح ذیل می‌باشند: پکتین P، گوار G و کاراگینان K، گوار- پکتین GP، گوار- کاراگینان GK و پکتین- کاراگینان PK. عدد اول در مقابل تیمارها نشان‌دهنده درصد هیدروکلوئید مورد استفاده و عدد دوم نشان دهنده تعداد روز نگهداری می‌باشد.)



شکل ۴- داده‌های حسی و دستگامی - PCA (تیمارها با حروف لاتین به شرح ذیل می‌باشند: پکتین P، گوار G و کاراگینان K، گوار- پکتین GP، گوار- کاراگینان GK و پکتین- کاراگینان PK. عدد اول در مقابل تیمارها نشان‌دهنده درصد هیدروکلوئید مورد استفاده و عدد دوم نشان‌دهنده تعداد روز نگهداری می‌باشد.)

نتایج آزمون رگرسیون PLS

صفات حسی نان همبستگی خوبی را با ویژگی-

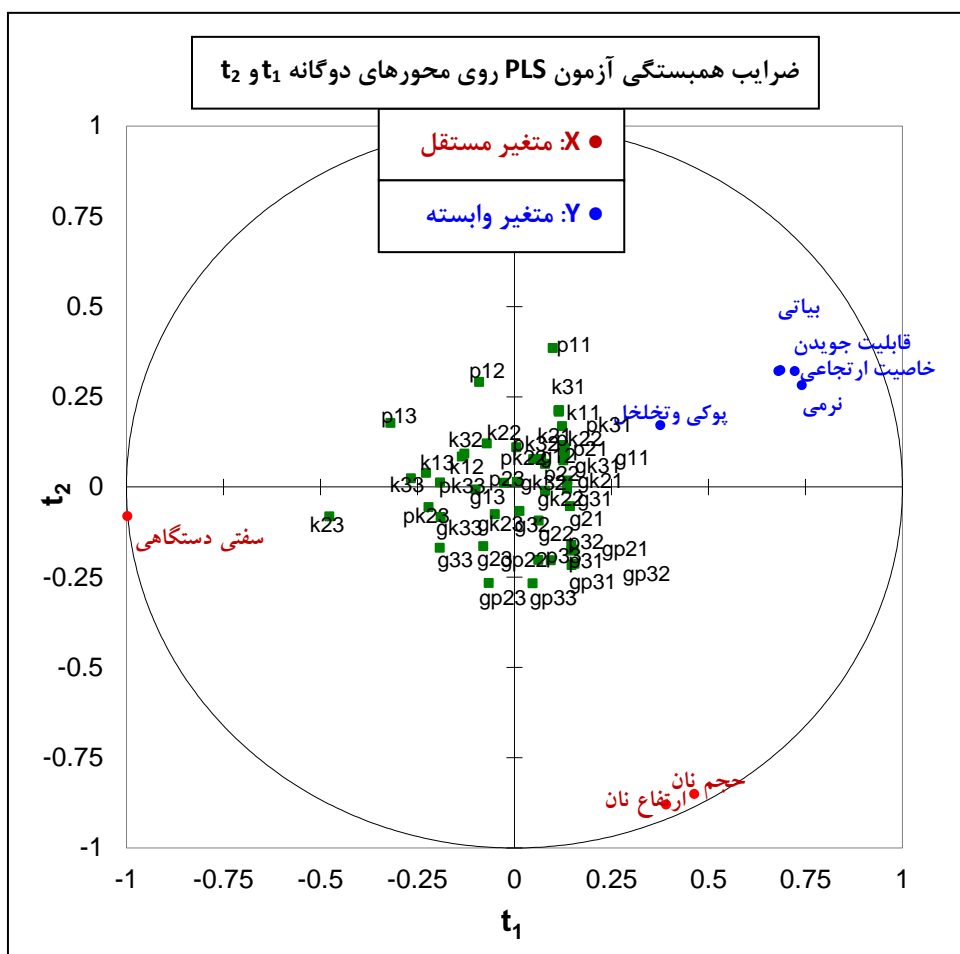
های کیفی نان مانند حجم و ارتفاع نشان می‌دهند. یعنی نان‌های با حجم و ارتفاع بالا از بافت مغز نرمتر و خاصیت ارتجاعی بهتری نیز برخوردار می‌باشند. همچنین یک ارتباط منفی بین حجم و سفتی بافت مغز نان مشاهده می‌شود. یعنی نان‌های با حجم کوچکتر (مغز متراکم‌تر) عموماً سفتی مغز بالاتری هم دارند و سفتی خیلی زیاد منعکس کننده حجم کم نمونه‌ها است. این نتایج مطابق یافته‌های اسکوبر همکاران (۲۰۰۷)، مک کارتی و همکاران (۲۰۰۵) و سابانیس و همکاران (۲۰۰۷) می‌باشد. گالاگر و همکاران طی مطالعه خود بین حجم قرص نان بدون گلوتن و سفتی مغز ارتباط مثبتی و قوی بدست آوردند ($r=0.86$).

برای مشخص نمودن ضریب اهمیت و تأثیر متغیرهای وابسته مورد بررسی در این مطالعه (صفات حسی نان مانند نرمی، خاصیت ارتجاعی، قابلیت جویدن

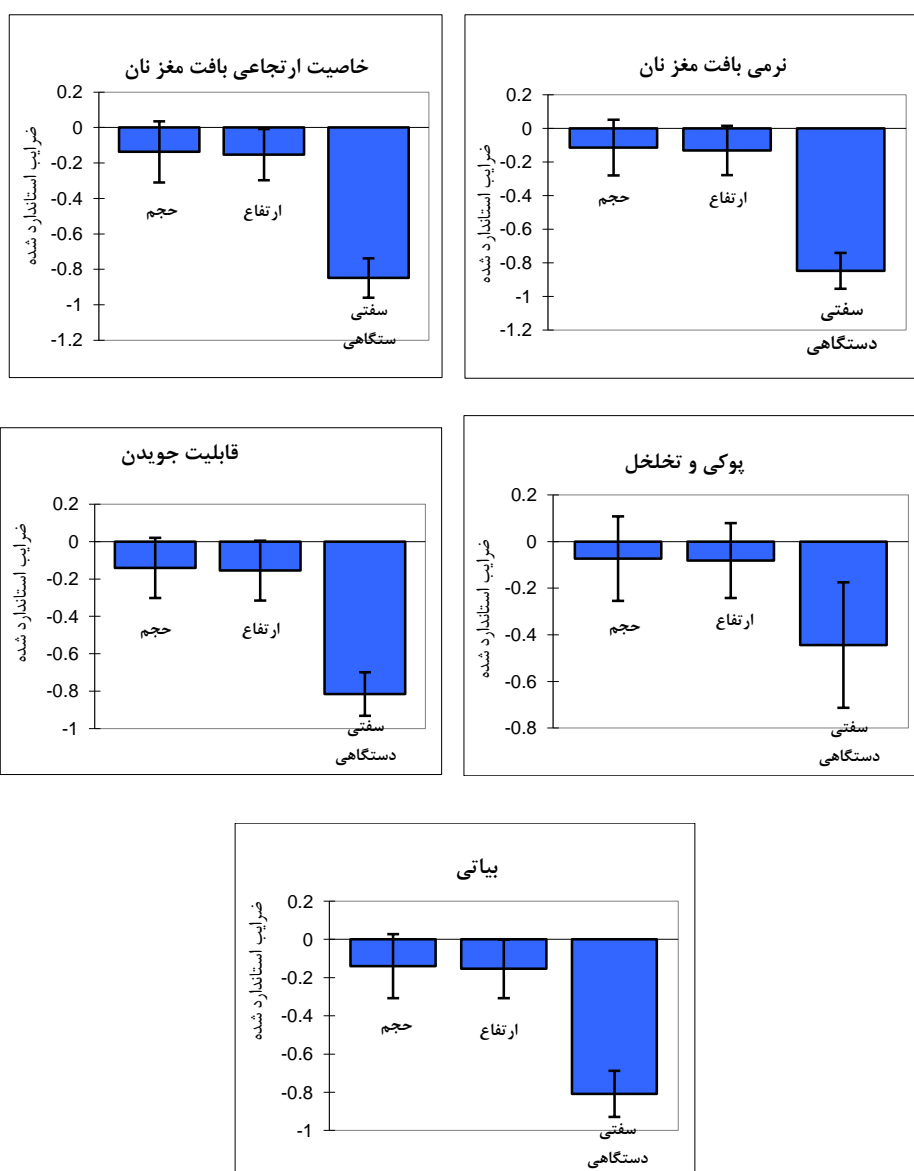
نتایج ضرایب همبستگی آزمون PLS روی محورهای دوگانه t_1 و t_2 در شکل ۵ نشان داده شده است. در این شکل رابطه میان صفات اندازه‌گیری شده به روش ارزیابی حسی (نرمی، خاصیت ارتجاعی و قابلیت جویدن و پوکی و تخلخل بافت مغز نان) با صفات اندازه‌گیری شده به روش دستگامی (حجم، ارتفاع و سفتی بافت مغز نان) مورد بررسی قرار گرفته است. مزیت استفاده از روش رگرسیون PLS داشتن تمام نتایج یکجا بر روی یک دایره می‌باشد، که امکان بررسی بصری و طبقه‌بندی در حضور تمام متغیرها بدین گونه فراهم می‌شود. همانطور که مشاهده می‌گردد خصوصیات حسی همبستگی منفی را با سفتی بافت مغز نان (اندازه‌گیری شده به روش دستگامی) نشان می‌دهند. صفات حسی نان با حجم نان می‌تواند در یک گروه (ناحیه مثبت محور افقی) قرار گیرد.

بنابراین همانطور که مشاهده می‌گردد اندازه گیری سفتی بافت مغز نان به روش دستگاهی بالاترین ضرایب (اهمیت) را در مدل رگرسیون PLS برای پیشگویی تک تک صفات حسی برخوردار می باشد.

و پوکی، تخلخل بافت مغز نان و بیاتی) با تک تک متغیرهای مستقل (ارتفاع، حجم نان و سفتی بافت مغز نان) نمودار ضرایب VIP استاندارد شده برای تک تک متغیرهای وابسته در رگرسیون PLS ترسیم گردید که در شکل ۶ آمده است. در این اشکال هر چه فاصله یک اثر به عدد یک نزدیکتر باشد اهمیت بالاتری پیدا می‌کند.



شکل ۵- آنالیز گروهی هیدروکلئیدهای مورد استفاده در غلظت های مختلف در گروه های نزدیک بهم (بهمراه متغیرهای مستقل و وابسته). t_1 و t_2 در نقشه کورولاسیون فوق، دو مولفه اول همبستگی‌ها بین X_s و مولفه‌های آن، و Y_s و مولفه‌های آن را نشان می‌دهد. (تیمارها با حروف لاتین به شرح ذیل می‌باشند: پکتین P، گوار G و کاراگینان K، گوار- پکتین GP، گوار- کاراگینان GK و پکتین- کاراگینان PK. عدد اول در مقابل تیمارها نشان‌دهنده درصد هیدروکلئید مورد استفاده و عدد دوم نشان‌دهنده تعداد روز نگهداری می‌باشد.)



شکل ۶- نمودار ضریب اهمیت متغیرهای مستقل با متغیرهای وابسته (صفات حسی)

از صفات حسی مطلوبتری برخوردار می‌باشند، حجم و ارتفاع بالاتری داشته و سفتی دستگاهی کمتری را نشان می‌دهند که به معنای کیفیت حسی بالاتر محصولات و در نتیجه ماندگاری بالاتر آنها می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود در روز پخت (روز اول نگهداری) تمام تیمارها در این ناحیه قرار داشته و تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند اما در روزهای دوم و سوم نگهداری تنها تیمارهای گوار-پکتین ۳٪ (gp3)، گوار-پکتین ۲٪ (gp2) و پکتین ۳٪ (p3) در این ناحیه قرار داشته و به عنوان

آزمون رگرسیون PLS : طبقه بندی کیفی تیمارهای مورد آزمون

یکی دیگر از قابلیت‌های آزمون رگرسیون PLS دسته بندی نمونه‌های مورد بررسی با در نظر گرفتن کلیه متغیرهای مستقل و وابسته می‌باشد. با توجه به ضریب اهمیت متغیرهای مستقل حجم، ارتفاع نان و سفتی دستگاهی در تفسیر متغیرهای وابسته صفات حسی نان و همانطوری که در شکل ۵ مشاهده می‌شود نمونه‌هایی که در طرف مثبت نمودار PLS قرار دارند

نتایج آزمون PLS نشان داد که روش دستگاهی اندازه گیری بافت (اینسترون) به خوبی می‌تواند صفات حسی بافت مغز نان مانند نرمی، خاصیت ارتجاعی، قابلیت جویدن و بیاتی را پیش بینی کند. در نتیجه اندازه گیری بافت نان به روش دستگاهی می‌تواند جایگزین بخشی از روش ارزیابی حسی به منظور ارزیابی کیفیت محصول گردد.

بهترین تیمارها در این مطالعه شناسایی شده اند که نسبت به سایر تیمارهای مورد مطالعه از کیفیت حسی و زمان ماندگاری بالاتری برخوردار می‌باشند. در حالیکه تیمارهایی مانند پکتین ۱٪ (p1) و کاراگینان (k) در تمامی درصدهای مورد استفاده به عنوان ضعیف ترین تیمارها شناسایی گشتند.

نتیجه گیری

منابع مورد استفاده

- ابراهیم پور ن، پیغمبردوست س ه، آزادمراد میرچی ص و قنبرزاده ب. ۱۳۸۹ الف. تأثیر افزودن هیدروکلوئیدهای مختلف روی ویژگی‌های حسی و بیاتی نان بدون گلوتن. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی. جلد ۲۰/۳، شماره ۱، ص ۹۹-۱۱۵.
- ابراهیم پور ن، پیغمبردوست س. ه. و آزادمراد میرچی ص. ۱۳۸۹ ب. تأثیر افزودن پکتین، گوار و کاراگینان بر روی ویژگی‌های کیفی نان حجیم بدون گلوتن. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی. جلد ۲۰/۳، شماره ۲، ص ۸۵-۹۸.
- Addinsoft (2009). Addinsoft's <http://www.xlstat.com/en/>.
- Bashford LL and Hartung TE, 1976. Rheological properties related to bread freshness. *Journal of Food Science* 41: 446-449.
- Brady PL and Mayer SM, 1985. Correlation of sensory and instrumental measures of bread texture. *Cereal chemistry* 62(1): 70.
- Carson L and Sun XS, 2001. Creep-Recovery of bread and correlation to sensory measurements of textural attributes. *Cereal Chemistry* 78(1): 101-104.
- Gallagher E, Gormley TR and Arendt EK, 2003. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering* 56: 153-161.
- Gambaro A, Fiszman S, Gimenez A, Varela P and Salvador A, 2004. Consumer acceptability compared with sensory and instrumental measures of white pan bread: sensory shelf-life estimation by survival analysis. *Journal of Food Science* 69(9): S401-S405.
- Gambaro A, Varela P and Gimenez A, 2002. Textural quality of white pan bread by sensory and instrumental measurements. *Journal of Texture Studies* 33: 401-413.
- Malkei M, Hosney RC and Mattern PJ, 1980. Effects of loaf volume, moisture content, and protein quality on the softness and staling rate of bread. *Cereal chemistry* 57(2): 138.
- McCarthy DF, Gallagher E, Gormley TR, Schober TJ and Arendt EK, 2005. Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. *Cereal Chemistry* 82: 609-615.
- Meullenet JF, Lyon BG, Carpenter JA and Lyon CE, 1998. Relationship between sensory and instrumental texture profile attributes. *Journal of Sensory Studies* 13:77-93.
- Montejano JG, Hamann DD and Lanter TC, 1985. Comparison of two instrumental methods with sensory texture of protein gels. *Journal of Texture Studies* 16: 403-424.
- Piazza L and Masi P, 1995. Moisture redistribution throughout the bread loaf during staling and its effect on mechanical properties. *Cereal Chemistry* 72(3): 320-325.

- Sabanis D, Tzia C and Papadakis S, 2008. Effect of different raisin juice preparations on selected properties of gluten-free bread. *Food and Bioprocess Technology* 1: 374-383.
- Schober TJ, Bean SR and Boyle DL, 2007. Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: Biochemical, rheological, and microstructural background. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 5137-5146.
- Stollman U and Lundgren B, 1987. Texture changes in white bread: effects of processing and storage. *Cereal chemistry* 64(4): 230-236.
- Tenenhaus M, Pages J, Ambroisine L and Guinot C, 2005. PLS methodology to study relationships between hedonic judgments and product characteristics. *Food Quality and Preference* 16: 315-325.