

طبقه‌بندی شیر خام با استفاده از روش‌های تشخیص الگو

معصومه مهربان سنگ آتش^{۱*}، محبت محبی^۲، فخری شهیدی^۳، محسن قدس روحانی^۴،
علی وحیدیان کامیاد^۵

۱- استادیار، گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاددانشگاهی، مشهد، ایران

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- استادیار گروه صنایع غذایی، موسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی

۵- استاد گروه ریاضی کاربردی، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۹۴/۰۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۶)

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی همبستگی میان ویژگی‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی شیر خام و استفاده از روش‌های آماری چند متغیره مانند تجزیه به مؤلفه اصلی و تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی و تحلیل تشخیص گام به گام جهت تشخیص الگو و طبقه‌بندی آن می‌باشد. در این پژوهش ۴۸ نمونه شیرخام از دامداری‌های صنعتی شهرستان مشهد نمونه‌برداری شد. سپس ویژگی‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی نمونه‌ها مورد سنجش قرار گرفت. بوسیله تجزیه به مؤلفه اصلی، در مجموع ۷ مؤلفه برای ویژگی‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی شیر خام معرفی گردید که حاوی ۹۳/۶۵ درصد از مقدار کل واریانس بودند. مؤلفه‌ی اصلی اول، دوم و سوم با توجه بیشترین درصد واریانس کل به عنوان مؤلفه‌های اصلی جهت تحلیل داده‌ها انتخاب گردیدند و بر اساس آن نمونه‌های شیر خام به سه گروه طبقه‌بندی شدند. انجام تحلیل خوشه‌ای روی چهارده ویژگی نمونه‌های شیر خام، آن‌ها را به سه خوشه اصلی طبقه‌بندی کرد که با نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌ی اصلی مطابقت داشت. نتایج تحلیل تشخیصی گام به گام نیز نشان داد که ویژگی‌های وارد شده در معادله در کل توانسته‌اند عضویت ۹۱/۷ درصد از نمونه‌های شیر خام را به درستی از نظر کیفیت در طبقه خودشان پیش‌بینی نمایند. با توجه به اهمیت ویژه‌ی کیفیت شیر خام در صنایع لبنی به علت تاثیر مستقیم آن بر کیفیت محصولات و سلامت مصرف کننده، طبقه‌بندی شیر خام دریافتی بر اساس ویژگی‌های کیفی، به مدیران صنایع لبنی هم در زمینه‌ی تعیین قیمت شیر خام دریافتی از دامدار و هم در زمینه تولید فرآورده‌های لبنی با کیفیت بالا کمک خواهد کرد.

کلید واژگان: تجزیه به مؤلفه اصلی، تحلیل تشخیصی گام به گام، تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی، شیر خام، طبقه‌بندی

۱- مقدمه

کیفیت شیر خام مشکلی اساسی در بسیاری از کشورها (به ویژه کشورهای دارای صنایع لبنی عظیم) می‌باشد که علاوه بر تأثیر مستقیم بر کیفیت محصولات تولیدی، عاملی تاثیرگذار بر سلامت مصرف کننده محسوب می‌شود [۱]. در کشور ما، برای ارزیابی کیفیت شیر خام، مطابق استاندارد ملی، فاکتورهایی مانند شمارش کلی میکروارگانیزم‌های هوازی، اسیدیته، pH، درصد چربی، درصد پروتئین، درصد ماده خشک بدون چربی، دانسیته، آب اضافی و نقطه انجماد اندازه‌گیری می‌شوند [۲] اما درجه‌بندی کیفی شیر خام دریافتی در کارخانجات فقط بر مبنای شمارش کلی میکروارگانیزم‌های هوازی انجام می‌گردد و سایر ویژگی‌های شیر خام در نظر گرفته نمی‌شوند. با توجه به اینکه تجزیه و تحلیل آزمون‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی شیر خام ابزاری مهم جهت بهبود کیفیت و طبقه‌بندی آن محسوب می‌شوند، استفاده از روش‌های تشخیص الگو جهت شناسایی سایر فاکتورهای موثر بر کیفیت شیر خام و همچنین طبقه‌بندی آن بر اساس فاکتورهای انتخابی، ضروری به نظر می‌رسد.

تشخیص الگو^۱ شاخه‌ای از مبحث یادگیری ماشینی است که مبتنی بر دریافت داده‌های خام و تصمیم‌گیری بر اساس دسته‌بندی داده‌ها می‌باشد [۳]. روش‌های تشخیص الگو، الگوهای مورد نظر را از یک مجموعه داده با استفاده از دانش قبلی در مورد الگوها یا اطلاعات آماری داده‌ها، جداسازی می‌کند. الگوهایی که با این روش دسته‌بندی می‌شوند، گروه‌هایی از اندازه‌گیری‌ها یا مشاهدات هستند که نقاط معینی را در یک فضای چند بعدی تشکیل می‌دهند الگوریتم انتخابی برای تشخیص الگو، به نوع خروجی، آموزش با ناظر یا بدون ناظر و پویا یا ایستا بودن طبیعت الگوریتم بستگی دارد [۳].

روش‌های تشخیص الگو شامل تجزیه و تحلیل چند متغیره، روش‌های مبتنی بر شبکه عصبی و سایر روش‌های آماری مانند بیزین، فازی، k- نزدیکترین همسایگی^۲ و ماشین‌های بردار پشتیبان^۳ می‌باشند که در این پژوهش از روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغیره جهت شناسایی الگو استفاده شده است.

4. Principal Components Analysis (PCA)
5. Hierarchical Cluster Analysis (HCA)
6. Stepwise Discriminant Analysis (SDA)

1. Pattern Recognition
2. K Nearest Neighbor (KNN)
3. Support Vector Machine (SVM)

تحلیل چند متغیره به طور گسترده‌ای برای ارزیابی کیفیت و تمایز یا طبقه‌بندی نمونه‌های مواد غذایی استفاده می‌شود. در میان روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل چند متغیره، تجزیه به مؤلفه اصلی^۴ (گروه‌بندی براساس تبدیل متغیرهای اولیه به مؤلفه‌های جدید و مستقل از یکدیگر)، تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی^۵ (شناسایی گروه‌ها براساس حداقل بودن واریانس درونی خوشه‌ها و حداکثر بودن واریانس بین خوشه‌ها) و تحلیل تشخیصی گام به گام^۶ (وارد نمودن متغیرهای تعیین کننده و مهم در مدل و خارج نمودن متغیرهای نامناسب از آن بصورت گام به گام) دارای پتانسیل زیادی برای طبقه‌بندی می‌باشند [۳].

اخیرا کاربردهای متعددی از روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغیره در صنایع غذایی گزارش شده است از جمله طبقه‌بندی برندهای مختلف آب معدنی [۴]، تمایز و طبقه‌بندی پنیر محلی [۵ و ۶]، طبقه‌بندی میوه‌ها و سبزیجات بر اساس پروفایل آنتی‌اکسیدانی آن‌ها [۷]، تمایز مربای به تهیه شده از میوه پوست‌گیری نشده از مربای تهیه شده از میوه پوست‌گیری شده [۸]، تشخیص روابط متابولیکی متقابل میان اسیدهای چرب و منشا آن در شیر [۹]، بررسی قدرت تفکیک بینی الکتریکی پرتابل جهت آنالیز عطر و بوی شیر خام [۱۰]، تشخیص و طبقه‌بندی بد طعمی در شیر پاستوریزه [۱۱]، مطالعه ارتباط میان ویژگی‌های میکروبی شیر خام [۱۲] و ارزیابی ویژگی‌های حسی شیر فراپاستوریزه با سطوح مختلف چربی و طبقه‌بندی آن [۱۳] می‌باشد. بررسی‌ها نشان داد که تاکنون مطالعه‌ی جامعی در زمینه طبقه‌بندی شیر خام بر اساس ویژگی‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی با استفاده از روش‌های تشخیص الگو انجام نشده است. هدف از این مطالعه بررسی ارتباط میان ویژگی‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی شیر خام و تشخیص الگویی مناسب جهت طبقه‌بندی آن با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره مانند تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی، تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی و تحلیل تشخیصی گام به گام می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- نمونه برداری

در این پژوهش ۴۸ نمونه شیرخام از دامداری‌های صنعتی شهرستان مشهد نمونه برداری شد. کلیه نمونه‌ها در جعبه‌های ایزوله حاوی یخ خشک به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

۲-۲- آزمون‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی

پس از آماده‌سازی نمونه‌ها [۱۴]، آزمون‌های میکروبی شامل شمارش کلی میکروارگانیزم‌های هوازی، شمارش کپک و مخمر و شمارش کلی فرم‌ها به ترتیب مطابق استانداردهای ایزو به شماره‌های ۶۶۱۰ [۱۵]، ۶۶۱۱ [۱۶] و ۴۸۳۲ [۱۷] انجام شد.

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی شامل اندازه‌گیری اسیدیته و pH مطابق استاندارد شماره AOAC 947.05 [۱۸] و سایر آزمون‌های فیزیکوشیمیایی شامل درصد چربی، درصد ماده خشک بدون چربی، دانسیته، هدایت الکتریکی، وجود آب اضافی، درصد لاکتوز، درصد پروتئین، نقطه انجماد و حلالیت با استفاده از دستگاه میکرواسکن^۱ ۱۳۴ و مطابق استاندارد IDF Standard 141B [۱۹] اندازه‌گیری شدند.

۲-۳- طرح آماری

پس از تحقق دو شرط اصلی آزمون‌های پارامتریک تجزیه واریانس (همگن بودن واریانس و نرمال بودن داده‌ها)، رابطه‌ی میان ویژگی‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی نمونه‌های شیر خام مورد مطالعه با آزمون همبستگی در سطوح مختلف آماری ($P \leq 0/05$ و $P \leq 0/01$) با نرم افزار SPSS 18 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و سپس جهت تشخیص الگو و طبقه‌بندی نمونه‌های شیر خام مورد آزمون بر اساس مهمترین مؤلفه‌های موثر بر کیفیت شیر خام به ترتیب تحلیل مؤلفه اصلی، تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی و تحلیل تشخیصی گام به گام با استفاده از نرم افزار SPSS 18 انجام گردید [۲۰].

۲-۴- تجزیه به مؤلفه‌ی اصلی

تجزیه به مؤلفه‌ی اصلی از روش‌های تجزیه آماری چند متغیره می‌باشد. با اعمال این روش، متغیرهای اولیه (۱۴ ویژگی شیر خام) به هفت مؤلفه‌ی جدید و مستقل از یکدیگر (با ضریب همبستگی صفر برای هر دو مؤلفه) تبدیل شدند. مؤلفه‌های

جدید ایجاد شده ترکیبی خطی از متغیرهای اولیه هستند. عدم همبستگی بین این مؤلفه‌ها یک ویژگی مفید است زیرا عدم همبستگی به این معنی است که مؤلفه‌ها جنبه‌های متفاوتی از متغیرهای اولیه را نمایان می‌سازند. هر مؤلفه اصلی می‌تواند با یک دنباله بصورت رابطه ۱ مشخص شود:

$$Z_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p \quad [1]$$

که در آن Z_i مؤلفه‌ی مورد نظر، a_{ij} ضرایب مربوط به متغیرهای اولیه و X_i نیز متغیرهای اولیه هستند. ضرایب مربوط به متغیرهای اولیه از حل رابطه ۲ به دست می‌آیند.

$$|R - \lambda I| = 0 \quad [2]$$

که در آن I ماتریس واحد، R ماتریس همبستگی بین متغیرهای اولیه و λ نیز مقادیر ویژه می‌باشد [۲۰].

۲-۵- تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی

به منظور تایید نتایج حاصل از مرحله‌ی تجزیه به مؤلفه اصلی، تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی انجام شد. در این روش ابتدا هر نمونه به عنوان یک خوشه در نظر گرفته می‌شود و سپس با نزدیک‌ترین خوشه به هم می‌پیوندند. این فرآیند تا زمانی که فقط یک خوشه باقی بماند ادامه پیدا می‌کند. در این پژوهش از روش وارد^۲ برای اندازه‌گیری فاصله خوشه‌ها استفاده شد و خوشه‌های کوچکتر متمایزتر از سایر روش‌ها ایجاد گردید [۲۰].

۲-۶- تحلیل تشخیصی گام به گام

به منظور تایید نتایج مراحل قبل، تحلیل تشخیصی گام به گام اجراء شد. تحلیل تشخیصی گام به گام مانند تجزیه رگرسیون چندگانه گام به گام می‌باشد که در آن بصورت گام به گام متغیرهای تعیین کننده و مهم وارد مدل شده و متغیرهای نامناسب از آن خارج شده‌اند. در این روش نمونه‌های شیر خام طبقه‌بندی شده بر اساس نتایج مرحله‌ی تجزیه به مؤلفه‌ی اصلی مورد ارزیابی قرار گرفتند و در نهایت از میان ۱۴ ویژگی، ۸ ویژگی برای ارائه مناسبترین تابع جهت طبقه‌بندی نمونه‌های شیر خام انتخاب گردید. تابع تشخیص حاصل معادله‌ای است که با داشتن مشخصات هر نمونه شیر خام می‌توان با قرار دادن این مشخصات در معادله‌ی بدست آمده، پیش‌بینی کرد که نمونه‌ی مورد نظر به کدام گروه تعلق دارد. در صورتی که متغیرهای X_1, X_2, \dots, X_k در گروه‌های مختلف

2. Ward' method

1. Foss-Electric A/C, Hillerod, Denmark

اندازه‌گیری شده باشند، شکل کلی تابع تشخیص X_D به صورت زیر (رابطه ۳) می‌باشد [۲۰]:

$$X_D = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + b_0 \quad [۳]$$

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی ویژگی‌های میکروبی و

فیزیکوشیمیایی نمونه‌های شیر خام

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود میانگین (\pm انحراف معیار) شمارش کلی میکروارگانیسم‌های هوازی $\log_{10}\text{cfu/ml}$ 5.34 ± 0.867 می‌باشد. شیری که بسیار خوب تهیه شده و کیفیت بهداشتی عالی دارد، حاوی کمتر از 10^6 میکروارگانیسم در هر میلی لیتر می‌باشد [۲۱]. شمارش کلی میکروارگانیسم‌های هوازی یکی از آزمایش‌های اولیه جهت تعیین کیفیت بهداشتی شیر است که امروزه مبنای درجه‌بندی شیر خام دریافتی در کارخانجات می‌باشد [۲۲]. مطابق استاندارد ملی شماره ۲۴۰۶ ایران، شیر خام براساس میزان بار میکروبی به چهار درجه (ممتاز، درجه یک، درجه دو و درجه سه) تقسیم شده است که به ترتیب: کمتر از 3×10^4 ، 10^5 - 3×10^4 ، 10^6 - 10^5 و 10^7 - 10^6 باکتری در هر میلی لیتر تعیین شده است [۲۳].

کپک‌ها و مخمرها از دسته میکروارگانیسم‌هایی هستند که می‌توانند در شیر و فرآورده‌های آن رشد کرده و سبب فساد یا آزادسازی متابولیت‌های سمی در آنها شوند. در این مطالعه میانگین (\pm انحراف معیار) شمارش کپک و مخمر در نمونه‌های شیر خام $\log_{10}\text{cfu/ml}$ 3.119 ± 1.01 بود (جدول ۱). منابع احتمالی آلودگی شیر خام با کپک و مخمر، خوراک دام، هوا و محیط اطراف می‌باشد [۲۴].

میانگین (\pm انحراف معیار) تعداد کلی فرم‌ها در نمونه‌های شیر

خام مورد بررسی $\log_{10}\text{cfu/ml}$ 3.76 ± 1.278 بود (جدول ۱). حضور کلی‌فرم‌ها در شیر خام از اهمیت زیادی برخوردار است و نشان‌دهنده احتمال بروز آلودگی از طریق مدفوع دام، پستان دام، ظروف و وسایل مورد استفاده و آب آلوده است [۱ و ۲۵]. به طور معمول حضور آنها در ۱۰۰ میلی لیتر شیر دلیل بر عدم رعایت بهداشت تولید است و تعداد زیادتر آنها ممکن است در نتیجه‌ی بیماری ورم پستان باشد [۲۶]. از سوی دیگر وجود تعداد زیادی کلی‌فرم در شیر، احتمال حضور میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای خطرناک مانند اشرشیاکلی $O157:H7$ را افزایش می‌دهد [۲۵]. متأسفانه در کشور ما حد قابل قبولی برای تعداد کلی‌فرم‌ها در شیر خام مشخص نشده است.

در این مطالعه pH نمونه‌های شیر خام بین ۵/۷۲ تا ۶/۹ و میانگین (\pm انحراف معیار) آن 6.554 ± 0.172 بود (جدول ۱). در ارزیابی خواص فیزیکی شیر، pH نقش به‌سزایی دارا می‌باشد. مطابق استاندارد ملی شماره ۱۶۴، pH شیر خام باید در محدوده ۶/۷ - ۶/۵ (در ۱۵ درجه سلسیوس) باشد [۲]. pH بالاتر از ۶/۸ در شیر تازه نشانگر عفونت غدد پستانی و پایین‌تر بودن از ۶/۶ بیانگر فساد باکتریایی و یا وجود کلستریم در شیر می‌باشد [۲۷].

اسیدیته نمونه‌های شیر خام مورد بررسی ۰/۱۱۳ تا ۲/۲۸۸ و میانگین (\pm انحراف معیار) آن 0.194 ± 0.28 بود (جدول ۱). اسیدیته طبیعی شیر گاو حدود ۰/۱۶ - ۰/۱۴ درصد برحسب اسید لاکتیک است که معادل ۱۴ تا ۱۶ درجه درنیک می‌باشد [۲]. اسیدیته اولیه‌ی شیر خام بخاطر وجود ترکیباتی مانند کازئین، فسفات، سیترات و دی‌اکسید کربن می‌باشد که به علت فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تولید اسید لاکتیک مقدار آن افزایش می‌یابد. زیاد بودن اسیدیته‌ی شیر خام مطلوب نمی‌باشد [۲۸].

Table 1 Microbial and physicochemical properties of raw milk samples (n= 48)

Characteristics	Mean \pm SD	Range
Total aerobic counts (\log_{10} cfu/ml)	5.34 \pm 0.867	3.389- 6.920
Yeast and Mold counts (\log_{10} cfu/ml)	3.119 \pm 1.01	0- 4.940
Coliform counts (\log_{10} cfu/ml)	3.604 \pm 1.278	0- 6.398
pH	6.554 \pm 0.172	5.720- 6.900
Acidity (% lactic acid)	0.194 \pm 0.028	0.113- 0.288
Fat content (%)	4.087 \pm 0.870	2.400- 6.600
Solid non- fat (%)	8.185 \pm 0.251	7.590- 8.620
Density (gcm^{-3})	1.028 \pm 0.002	1.019- 1.031
EC (μS)	5.062 \pm 0.125	4.920- 5.590
Additional water content (%)	1.538 \pm 2.425	0- 9.330
Lactose content (%)	4.493 \pm 0.137	4.170- 4.740
Protein content (%)	2.993 \pm 0.101	2.700- 3.160
Freezing point ($^{\circ}\text{C}$)	-0.524 \pm 0.020	(-0.587)- (-0.476)
Solubility (%)	0.674 \pm 0.021	0.620- 0.710

۲-۳- بررسی همبستگی میان ویژگی‌های

میکروبی و فیزیکوشیمیایی شیر خام

ضرایب همبستگی داخلی بین ویژگی‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی شیر خام و معنی‌داری آنها در سطوح مختلف آماری در جدول ۲ نشان داده شده است ($P \leq 0/01$) و ($P \leq 0/05$). شمارش کلی میکروارگانیسم‌های هوازی با شمارش کپک و مخمر و شمارش کلی‌فرم‌ها همبستگی معنی‌دار مثبت ($P \leq 0/01$) به ترتیب با ضرایب همبستگی $0/663$ و $0/544$ نشان داد. ویلار و همکاران (۱۹۹۶)، بور و همکاران (۱۹۹۸) و پانتوزا و همکاران (۲۰۰۹) بین شمارش کلی میکروارگانیسم‌های هوازی و شمارش کلی‌فرم‌ها، به ترتیب همبستگی مثبت معنی‌دار با ضرایب همبستگی $0/65$ ، $0/42$ و $0/41$ را گزارش نمودند ($P \leq 0/05$) [۱۲، ۳۱ و ۳۲].

شمارش کپک و مخمر با شمارش کلی‌فرم‌ها، همبستگی معنی‌دار مثبت ($P \leq 0/05$) با ضرایب همبستگی $0/853$ و با pH و درصد چربی، همبستگی معنی‌دار منفی به ترتیب با ضرایب همبستگی $-0/288$ و $-0/454$ ($P \leq 0/01$) را نشان داد.

شمارش کلی‌فرم‌ها با pH، درصد چربی و دانسیته همبستگی معنی‌دار منفی به ترتیب با ضرایب همبستگی $-0/512$ ($P \leq 0/01$)، $-0/345$ ($P \leq 0/05$) و $-0/377$ ($P \leq 0/01$) را نشان داد.

نقطه انجماد با هدایت الکتریکی و درصد آب اضافی همبستگی معنی‌دار مثبت ($P \leq 0/01$) به ترتیب با ضرایب همبستگی $0/461$ و $0/855$ و با درصد چربی، درصد ماده خشک بدون چربی، درصد لاکتوز، درصد پروتئین و حلالیت همبستگی معنی‌دار منفی ($P \leq 0/01$) به ترتیب با ضرایب همبستگی $-0/385$ ، $-0/913$ ، $-0/841$ ، $-0/748$ و $-0/883$ نشان داد.

درصد ماده خشک بدون چربی، دانسیته، درصد لاکتوز، درصد پروتئین و حلالیت نیز با هم همبستگی معنی‌دار مثبت ($P \leq 0/05$) داشتند که مشابه نتایج زنگ و همکاران (۱۹۹۷) بود که بین درصد پروتئین، لاکتوز و ماده خشک بدون چربی همبستگی معنی‌دار گزارش نمودند ($P \leq 0/001$) [۳۳].

میانگین (\pm انحراف معیار) درصد چربی در این مطالعه $4/087 \pm 0/870$ درصد بود (جدول ۱). درصد چربی شیر بعنوان فاکتور کیفی در تعیین قیمت مدنظر قرار گرفته است. در برخی کشورها نظیر انگلستان پرداخت بهای شیر بر اساس میزان چربی، پروتئین و لاکتوز است [۲۹]. درصد چربی شیر تحت تاثیر فاکتورهای متعددی از جمله ژنتیک، برنامه‌ی تغذیه و راندمان شیردهی دام است [۳۰].

در این مطالعه میانگین (\pm انحراف معیار) درصد ماده خشک بدون چربی $8/185 \pm 0/251$ درصد و دامنه تغییرات آن $8/620 - 7/590$ درصد بود (جدول ۱). طبق استاندارد ملی ایران درصد ماده خشک بدون چربی شیر گاو باید حداقل $8/5$ درصد باشد [۲].

در این بررسی دانسیته نمونه‌های شیر خام بین $1/031 - 1/019$ گرم بر سانتی‌متر مکعب و میانگین (\pm انحراف معیار) آن $1/028 \pm 0/002$ گرم بر سانتی‌متر مکعب مشاهده شد (جدول ۱). دانسیته شیر کامل طبیعی در دمای 15 درجه سانتی‌گراد در محدوده $1/029 - 1/032$ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. اندازه‌گیری دانسیته شیر راه مناسبی برای تشخیص جداکردن چربی از شیر است [۲۹].

در این تحقیق میانگین (\pm انحراف معیار) هدایت الکتریکی نمونه‌های شیر $5/062 \pm 0/125$ میکروزیمنس بدست آمد (جدول ۱). قابلیت هدایت الکتریکی شیر به عنوان شاخصی برای پی بردن به وجود آب اضافی در شیر، افزودن خنثی‌کننده‌ها به شیر، تشخیص بیماری ورم پستان و همچنین کنترل تغلیظ مواد جامد در طی فرایند تبخیر، مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۷].

میانگین (\pm انحراف معیار) درصد پروتئین نمونه‌های شیر خام در این مطالعه $2/993 \pm 0/101$ بدست آمد (جدول ۱) که این مقدار کمتر از مقادیر گزارش شده در سایر تحقیقات می‌باشد [۲۸ و ۳۰]. علت این اختلاف ممکن است بخاطر تفاوت در نوع تغذیه باشد.

نقطه انجماد با ثبات‌ترین خصوصیت فیزیکی شیر است. تعیین نقطه انجماد شیر دقیق‌ترین و مطمئن‌ترین آزمایشی است که برای کشف آب اضافی در شیر به کار می‌رود [۲۹]. میانگین (\pm انحراف معیار) نقطه انجماد نمونه‌های مورد بررسی $-0/524 \pm 0/020$ درجه سانتی‌گراد بدست آمد (جدول ۱).

۳-۳- تجزیه به مؤلفه اصلی

به منظور دستیابی به نتایج رضایت بخش در تجزیه و تحلیل آماری چند متغیره، انتخاب متغیرها باید به دقت انجام شود، بطوریکه فقط متغیرهای وابسته در تجزیه و تحلیل گنجانده شوند. بنابراین تجزیه به مؤلفه اصلی با ۱۴ متغیر انجام گردید. تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی به منظور توصیف داده‌های تجربی حاصل از آزمایشات، برای بررسی ارتباط میان ویژگی‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی و همچنین شناسایی مهمترین عوامل موثر بر کیفیت شیر خام استفاده شد.

جدول ۳ نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ویژگی‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی شیر خام را نشان می‌دهد. در این جدول مؤثرترین متغیرها در تشکیل هر مؤلفه به صورت برجسته آمده

است. در مجموع ۷ مؤلفه برای ویژگی‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی شیر خام معرفی گردید که حاوی ۹۳/۶۵ درصد مقدار کل واریانس می‌باشد که هر کدام به ترتیب ۳۷/۰۳، ۱۷/۸۶، ۱۴/۰۲، ۸/۴۴، ۶/۱۳، ۵/۷۴ و ۴/۴۳ درصد از کل اطلاعات متغیرهای اولیه را بیان می‌کنند. مؤلفه اصلی اول، دوم و سوم با دارا بودن بیشترین مقادیر ویژه (درصد استقلال از سایر مؤلفه‌ها) و توجه بیشترین درصد واریانس داده‌ها هر یک به ترتیب ۳۷/۰۳، ۱۷/۸۶ و ۱۴/۰۲، به عنوان مؤلفه‌های اصلی جهت تحلیل بعدی داده‌ها انتخاب گردیدند. اولین مؤلفه اصلی در ماده خشک بدون چربی (۰/۹۷۲)، حلالیت (۰/۹۷۰) و درصد لاکتوز (۰/۹۶۱) بیشترین همبستگی مثبت و در درصد آب اضافی (۰/۹۰۶-) و نقطه انجماد (۰/۹۰۰-) بیشترین همبستگی منفی را نشان دادند (جدول ۳).

Table 2 Correlation coefficients for the microbiological and physicochemical properties of raw milk (n= 48)

Variables	TC	Y&M	CC	PH	Ac	F	SNF	D	C	W	L	P	Fp	Sol.
Total aerobic counts (log ₁₀ cfu/ml)	1													
Yeast and Mold counts (log ₁₀ cfu/ml)	0.663**	1												
Choliform counts (log ₁₀ cfu/ml)	0.544**	0.853**	1											
pH	-0.189	-0.288*	-0.512**	1										
Acidity (% lactic acid)	0.204	0.103	0.061	-0.122	1									
Fat content (%)	0.091	0.454**	0.345*	0.117	-0.356*	1								
Solid non- fat (%)	0.090	0.013	0.039	-0.214	0.055	0.060	1							
Density (gcm ⁻³)	0.101	-0.126	-0.377**	-0.286*	0.200	-0.495**	0.351*	1						
EC (μS)	-0.097	0.074	-0.100	0.231	-0.045	-0.083	-0.467**	-0.626**	1					
Additional water (%)	-0.106	-0.007	-0.097	0.066	-0.062	-0.292	-0.882**	-0.249	0.447**	1				
Lactose content (%)	0.110	0.028	0.045	-0.239	0.103	0.009	0.981**	0.417**	-0.441**	-0.874**	1			
Protein content (%)	0.090	0.074	0.039	0.043	0.087	-0.134	0.831**	0.294*	0.388*	-0.754**	0.813**	1		
Freezing point (°C)	-0.085	-0.019	-0.083	0.144	0.078	-0.385**	-0.913**	-0.098	0.461**	0.855**	-0.841**	-0.748**	1	
Solubility (%)	0.093	0.039	0.063	-0.230	0.069	0.008	0.988**	0.388**	-0.477**	-0.867**	0.979**	0.842**	-0.883**	1

* P< 0.05, ** P<0.01

Table 3 Principal components of microbial and physicochemical properties of raw milk

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Total aerobic counts (log ₁₀ cfu/ml)	0.189	0.776	-0.093	0.057	0.042	0.264	-0.096
Yeast and Mold counts (log ₁₀ cfu/ml)	0.087	0.941	0.033	0.054	-0.035	-0.088	-0.164
Coliform counts (log ₁₀ cfu/ml)	0.152	0.884	0.087	-0.090	0.090	0.033	-0.074
pH	-0.289	-0.338	0.357	0.353	0.105	0.619	-0.372
Acidity (% lactic acid)	0.090	0.170	-0.560	0.336	-0.492	0.363	0.388
Fat content (%)	0.119	0.154	0.849	-0.208	0.085	0.169	0.348
Solid non- fat (%)	0.972	-0.110	0.049	0.098	-0.093	-0.080	-0.094
Density (gcm ⁻³)	0.445	-0.120	-0.734	-0.267	0.273	0.132	-0.147
EC (μS)	-0.608	0.058	0.233	0.473	-0.366	-0.321	-0.220
Additional water content (%)	-0.906	0.074	-0.216	-0.128	0.038	-0.121	-0.031
Lactose content (%)	0.961	-0.092	-0.027	0.101	-0.119	-0.079	-0.122
Protein content (%)	0.079	0.082	-0.129	0.737	0.589	-0.155	0.236
Freezing point (°C)	-0.900	0.070	-0.353	-0.029	0.046	0.029	-0.071
Solubility (%)	0.970	-0.090	-0.003	0.111	-0.066	-0.095	-0.114
Eigen value	5.184	2.500	1.963	1.182	0.858	0.804	0.620
Variability (%)	37.026	17.859	14.023	8.443	6.132	5.742	4.427
Cumulative %	37.026	54.884	68.907	77.351	83.483	89.225	93.652

می‌کنند، درصد واریانس و درصد واریانس تجمعی نشان داده شده است.

به منظور ارائه تصویری ساده از ساختار داده‌ها، دو مؤلفه‌ی اصلی اول بصورت نمودار رسم گردید. پراکنش ویژگی‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی به عنوان تابعی از دو مؤلفه‌ی اصلی اول در شکل ۱ نشان داده شده است.

همانطور که در این نمودار مشاهده می‌گردد درصد ماده خشک بدون چربی، درصد لاکتوز، حلالیت، دانسیته در ضلع مثبت محور افقی و ضلع منفی محور عمودی قرار گرفته‌اند.

دومین مؤلفه‌ی اصلی در شمارش کپک و مخمر (۰/۹۴۱)، شمارش کلی فرم‌ها (۰/۸۸۴) و شمارش کلی میکروارگانیزم‌های هوازی (۰/۷۷۶) بیشترین همبستگی مثبت و در pH (۰/۳۳۸-) بیشترین همبستگی منفی را نشان دادند (جدول ۳). سومین مؤلفه‌ی اصلی نیز در درصد چربی (۰/۸۴۹) و pH (۰/۳۵۷) بیشترین همبستگی مثبت و در دانسیته (۰/۷۳۴-) و اسیدیته (۰/۵۶۰-) بیشترین همبستگی منفی را نشان دادند (جدول ۳). همچنین در جدول ۲ مقادیر بردارهای ویژه که ضرایب را به منظور تعیین مؤلفه‌ها تعیین

شد. در شکل ۳، فاصله میان متغیرها نمایش داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود متغیرهایی که بیشترین همبستگی را با هم دارند (مثل حلالیت، درصد ماده خشک بدون چربی و درصد لاکتوز) کمترین فاصله را نشان می‌دهند، بطوریکه در مجموع چهارده متغیر به سه خوشه اصلی طبقه‌بندی شده است. این نتایج با نتایج حاصل از تجزیه به مولفه اصلی همخوانی دارد (شکل ۲).

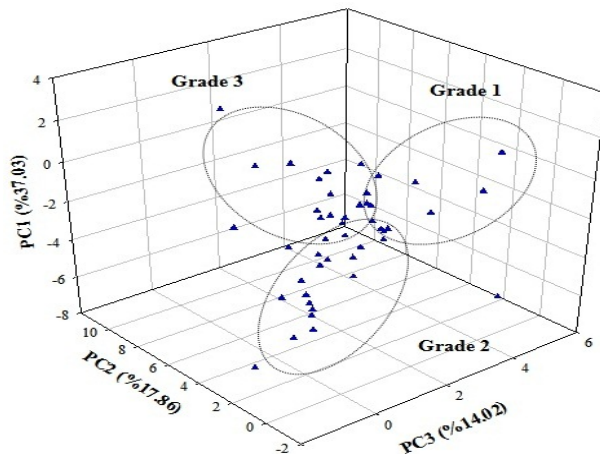


Fig 2 Representation of scores of raw milk samples based on the three first PCs obtained from PCA analysis of microbial and physicochemical properties

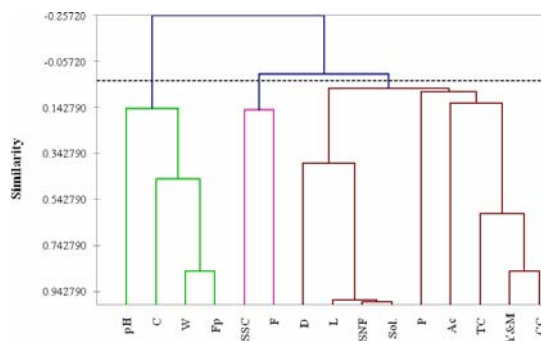


Fig 3 Cluster diagram of microbial and physicochemical characteristics of raw milk samples (C: Conductivity, W: added Water, Fp: Freezing point, SCC: Somatic Cell Count, F: Fat content, D: Density, L: Lactose content, SNF: Solid Non-Fat, Sol.: Solubility, P: Protein content, Ac: Acidity, TC: Total Count, Y&M: Yeast and Mold and CC: Coliform Count)

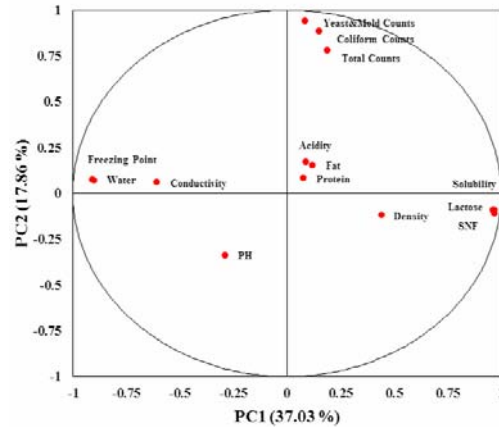


Fig 1 Representation of microbial and physicochemical properties of raw milk based on the PC1 and PC2

همچنین شمارش کلی میکروارگانیسم‌های هوازی، شمارش کلی فرم‌ها، شمارش کپک و مخمر، درصد چربی، اسیدیته و درصد پروتئین در ضلع مثبت محور افقی و عمودی قرار دارند در حالیکه هدایت الکتریکی، نقطه انجماد و درصد آب اضافی در ضلع منفی محور افقی و ضلع مثبت محور عمودی واقع شده‌اند. pH نیز به تنهایی در ضلع منفی محور افقی و عمودی قرار گرفته‌است. این نتایج با نتایج جدول ۲ همخوانی دارد، به گونه‌ای که ویژگی‌های دارای همبستگی معنی‌دار در این نمودار نیز به هم نزدیک‌ترند.

امتیازات مربوط به نمونه‌های شیر خام براساس سه مؤلفه‌ی اصلی اول حاصل از تجزیه به مؤلفه‌ی اصلی ۱۴ ویژگی میکروبی و فیزیوشیمیایی در شکل ۲ نمایش داده شده است. بر اساس این امتیازات می‌توان نمونه‌های شیر خامی را که از نظر امتیاز به هم نزدیک‌ترند را در یک گروه قرار داد. بر این اساس سه گروه اصلی (درجه ۱، ۲ و ۳) از نمونه‌های شیر خام خواهیم داشت که بر اساس کیفیت شیر خام طبقه‌بندی شده‌اند. البته همپوشانی‌هایی هم بین گروه‌ها وجود دارد که با کمک تحلیل تشخیصی می‌توان آن را به حداقل ممکن رساند.

۳-۴- تجزیه و تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی

تجزیه و تحلیل خوشه‌ای روی چهارده ویژگی نمونه‌های شیر خام به منظور شناسایی گروه‌های متغیر با رفتار مشابه انجام

Table 4 Canonical coefficients of properties with high prediction power in the discriminant function to classify raw milk samples

Raw	Properties	Canonical Coefficients
1	Total aerobic microorganism counts	1.809
2	Mold and Yeast counts	-1.992
3	Choliform Counts	1.147
4	Acidity	0.252
5	Protein content	0.455
6	EC	0.201
7	Freezing point	-2.465
8	Additional water content	1.845

درصد دقت طبقه‌بندی برای درجه ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۷۸/۶، ۹۵/۷ و ۱۰۰ درصد بدست آمد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که ویژگی‌های وارد شده در معادله در کل توانسته‌اند عضویت ۹۱/۷ درصد از نمونه‌های شیر خام را به درستی در طبقه خودشان پیش‌بینی نمایند. در پایان، تحلیل تشخیصی گام به گام همبستگی کانونی میان متغیرهای ورودی و امتیاز تشخیصی هر نمونه (ارزش عددی تابع طبقه‌بندی برای هر نمونه) را تعیین کرد. رسم نمودار مربوط به امتیازات تشخیصی (شکل ۴)، برای دو تابع کانونی، می‌تواند برای درک قدرت تشخیص متغیرهای پاسخ استفاده شود.

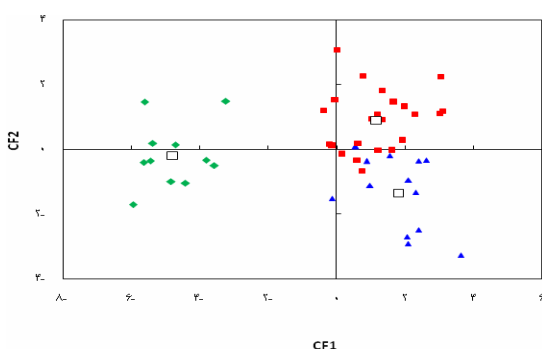


Fig 4 Representation of raw milk samples (▲: Grade 1; ■: Grade 2; ◆: Grade 3) and centroid groups (□) according to both the first (CF1) and the second (CF2) canonical functions obtained Stepwise discriminant analysis

۳-۵- تحلیل تشخیصی گام به گام

تحلیل تشخیصی گام به گام با هدف تعیین ویژگی‌های مهم‌تر از میان ۱۴ ویژگی میکروبی و فیزیکوشیمیایی جهت ایجاد بهترین تمایز میان سه گروه شیر خام طبقه‌بندی‌شده به روش تجزیه به مولفه اصلی و ارائه‌ی تابع تشخیص با توانایی طبقه‌بندی نمونه‌های جدید بدون نیاز به محاسبات پیچیده مورد استفاده قرار گرفت.

در تحلیل تشخیصی جهت آزمون کارایی تابع تشخیص در ایجاد تفاوت‌های معنی‌دار از آماره‌ای به نام لاندای ویلکس^۱ استفاده می‌شود. با توجه به اینکه در این تحلیل متغیرهایی قابلیت پیش‌بینی بالایی دارند که دارای لاندای ویلکس کمتر باشند، لذا از میان ۱۴ ویژگی وارد شده در معادله، در گام نهمی ۸ ویژگی که دارای لاندای ویلکس و سطح معنی‌داری قابل قبول بودند، به دست آمدند. این ۸ ویژگی توان ایجاد حداکثر تمایز بین سه گروه شیر خام را دارا می‌باشند و با توجه به مقادیر لاندای ویلکس می‌توان گفت که ویژگی‌های میکروبی شامل شمارش کلی میکروارگانسیم‌های هوازی، شمارش کپک و مخمر و شمارش کلی فرم‌ها و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شامل اسیدیته، درصد پروتئین، هدایت الکتریکی، نقطه‌ی انجماد و درصد آب اضافی در مقایسه با دیگر ویژگی‌ها، قادر به پیش‌بینی عضویت گروهی بوده و می‌توانند واریانس ویژگی وابسته (درجه‌ی کیفیت شیر خام) را تبیین نمایند. جدول ۴ ضرایب کانونی^۲ این ویژگی‌ها را در تابع تشخیص نشان می‌دهد.

همچنین نتایج نشان می‌دهد که ویژگی‌هایی مانند درصد آب اضافی، شمارش کلی میکروارگانسیم‌های هوازی و شمارش کلی فرم‌ها به ترتیب با ضرایب ۱/۸۴۵، ۱/۸۰۹ و ۱/۱۴۷ بیشتر از دیگر ویژگی‌ها در طبقه‌بندی کیفی شیر خام تاثیر دارند. همانطور که در نتایج طبقه‌بندی (جدول ۵) آمده است، از ۱۴ نمونه شیر خام درجه یک، سه مورد آن به طور اشتباه در درجه ۲ قرار گرفته است و این مورد برای نمونه‌های درجه ۲ و ۳ به ترتیب یک و صفر مورد می‌باشد.

1. Wilk's Landa
2. Canonical functions

Table 5 The results of membership of raw milk samples at three groups of raw milk samples in grades 1, 2 and 3

	Predicted group membership			
	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Correct (%)
Grade 1	11	3	0	78.57
Grade 2	1	22	0	95.65
Grade 3	0	0	11	100.00
Total	12	25	11	91.67

- [3] Theodoridis, S. and Koutroumbas. K. 2009. Pattern Recognition. 4th ed. Academic Press, Boston.
- [4] Kermanshahi, K.Y., Tabaraki, R., Karimi, H., Nikorazm, M. and Abbasi, S. 2010. Classification of Iranian bottled waters as indicated by manufacturer's labellings. Food Chem. 120:1218-1223.
- [5] Castell-Palou, A., Rossello, C., Femenia, A. and Simal, S. 2010. Application of Multivariate Statistical Analysis to Chemical, Physical and Sensory Characteristics of Majorcan Cheese. Int. J. of Food Eng. 6(2):1-18.
- [6] Verdini, R.A., Zorrilla, S.E., Rubiolo, A.C. and Nakai, S. 2007. Multivariate statistical methods for Port Salut Argentino cheese analysis based on ripening time, storage conditions, and sampling sites. Chemometr Intell Lab, 86:60-67.
- [7] Patras, A., Brunton, N.P., Downey, G., Rawson, A., Warriner, K. and Gernigon, G. 2011. Application of principal component and hierarchical cluster analysis to classify fruits and vegetables commonly consumed in Ireland based on in vitro antioxidant activity. J. of Food Comps Anal. 24:250-256.
- [8] Silva, B.M., Andrade, P.B., Martins, R.C., Seabra, R.M. and Ferreira, M.A. 2006. Principal component analysis as tool of characterization of quince (*Cydonia oblonga* Miller) jam. Food Chem. 94:504-512.
- [9] Fievez, V., Vlaeminck, B., Dhanoa, M.S. and Dewhurst, R.J. 2003. Use of Principal Component Analysis to Investigate the Origin of Heptadecenoic. J. Dairy Sci. 86(12):4047-4053.
- [10] Amari, A., Elbari, N. and Bouchikhi, B. 2009. Conception and Development of a Portable Electronic Nose System for Classification of Raw Milk Using Principal Component Analysis Approach. Sens & Trans J. 102(3):33-44.

۴- نتیجه‌گیری

به روشنی مشخص است که ویژگی‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی شیر خام تحت تاثیر درجه کیفیت آن قرار دارد. مثلاً با کاهش کیفیت، شمارش کلی میکروارگانیسم‌های هوازی، شمارش کپک و مخمر و شمارش کلی فرم‌ها افزایش می‌یابد. استفاده از تجزیه به مولفه‌ی اصلی ۱۴ ویژگی میکروبی و فیزیکوشیمیایی نمونه‌های شیر خام نشان داد که نمونه‌های شیر خام را می‌توان براساس امتیازات کسب شده از سه مؤلفه‌ی اصلی اول در سه گروه اصلی (درجه ۱، ۲ و ۳) قرار داد. تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی نیز ویژگی میکروبی و فیزیکوشیمیایی نمونه‌های شیر خام را به سه خوشه دسته‌بندی کرد که با نتایج حاصل از تجزیه به مولفه‌ی اصلی مطابقت دارد. تحلیل تشخیصی گام به گام نیز در تعیین متغیرهای ایجادکننده بهترین تمایز میان نمونه‌های شیر خام مفید بود بطوریکه توانست ۹۱/۷ درصد از نمونه‌های شیر خام را به درستی براساس کیفیت‌شان طبقه‌بندی نماید. با توجه به اهمیت ویژه‌ی کیفیت شیر خام در صنایع لبنی به علت تاثیر مستقیم آن بر کیفیت محصولات و سلامت مصرف‌کننده، طبقه‌بندی شیر خام دریافتی براساس ویژگی‌های کیفی، به مدیران صنایع لبنی هم در زمینه‌ی تعیین قیمت شیر خام دریافتی از دامدار و هم در زمینه تولید فرآورده‌های لبنی با کیفیت بالا کمک خواهد کرد

۵- منابع

- [1] Robinson, R.K. 2002. Dairy Microbiology Handbook. John Wiley and sons, Newyork.
- [2] ISIRI 164. 2004. Milk and Milk Products, Raw milk- Specification and test methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, First Revision.

- [22] Karim, G. and Tabari, M. 2006. The Relationship of Electrical Conductivity with pH, Acidity and Total Microbial Count in Raw Milk. *Journal of Food Science and Technology*. 3(10):1-8.
- [23] ISIRI 2406. 2008. *Microbiology of Milk and Milk Products- Specification*. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, 2nd Edn.
- [24] Kamkar, A. 2005. A study on occurrence of aflatoxin M₁ in Iranian feta cheese. *Food Control*, 16:593-600.
- [25] Chye, F.Y., Abdullah A and Ayob MK, 2004. Bacteriological quality and safety of raw milk in Malaysia. *Food Microbiol*, 21:535-541.
- [26] Najafi, M.N. and Nakhchian, H. 2003. *The Microbiology of Milk and Dairy Products*. Pajoohes e htoos Publication, Mashhad.
- [27] Rohani, M.G. 2008. *Principles of Milk Chemistry*. Pajoohes e htoos Publication, Mashhad.
- [28] Ozrenk, E. and Selcuk, I.S. 2008. The effect of seasonal variation on the composition of cow milk in van province. *Pak J. Nutr*. 7: 161-164.
- [29] Shahidi Yasaghi, S.A., Ghorbani Hasansaraei, A. and Naghizadeh Raiesi, S. 2008. *Food Quality Control*. Naghsh Gostaran Bahar, Tehran.
- [30] Ahmed, M.I. and El-Zubeir ,A. 2007. The compositional quality of raw milk produced by cow's farms in Khartoum state, Sudan. *J. Agric Biol Sci*. 3:902-906.
- [31] Boor, K. J. Brown D P, Murphy S C, Kozlowski S M and Bandler D K, 1998. Microbiological and chemical quality of raw milk in New York State. *J. Dairy Sci*. 81:1743-1748.
- [32] Pantoja, J.C.F., Reinemann, D.J. and Ruegg, P.L. 2009. Associations among milk quality indicators in raw bulk milk. *J. Dairy Sci*, 92:4978-4987.
- [33] Zeng, S.S., Escobar, E.N. and Popham, T. 1997. Daily variations in somatic cell count, composition, and production of Alpine goat milk. *Small Ruminant Res*. 26:253-260.
- [11] Horimoto, Y. and Nakai, S. 1998. Classification of pasteurized milk using principal component similarity analysis of off-flavours. *Food Res. Int*. 31(4): 279-287.
- [12] Villar, A. Garcia, J.A., Iglesias, L., Garcia, M.L. and Otero, A. 1996. Application of principal component analysis to the study of microbial populations in refrigerated raw milk from farms. *Int. Dairy J*. 6(10): 937-945.
- [13] Chapman, K.W., Lawless, H.T. and Boor, K.J. 2001. Quantitative Descriptive Analysis and Principal Component Analysis for Sensory Characterization of Ultra pasteurized Milk. *J Dairy Sci*. 84(1):12-20.
- [14] ISO 6887-5. 2010. *Microbiology of food and animal feeding stuffs- Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination- Part 5: Specific rules for the preparation of milk and milk products*.
- [15] ISO 6610. 1992. *Milk and milk Products- Enumeration of colony-forming units of microorganisms-colony-count technique at 30 °C*.
- [16] ISO 6611. 1992. *Milk and milk Products- Enumeration of colony-forming units of yeasts and/or moulds-colony-count technique at 25 °C*.
- [17] ISO 4832. 2006. *Microbiology of food and animal feeding stuffs- Horizontal method for the enumeration of coliforms Colony count technique*.
- [18] AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Washington, DC, Association of Official Analytical Chemists.
- [19] International Dairy Federation Standard 141B. 1996. *Whole milk: Determination of milk fat, protein and lactose content-guide for the operation of midinfrared instruments*. IDF. IDF, Brussels, Belgium.
- [20] Varmuza, K. and Filzmoser, P. 2009. *Introduction to Multivariate Statistical Analysis in Chemometrics*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- [21] Karim, G. 1995. *Milk and Dairy Products*. ACECR Publication, Tehran.

Classification of Raw Milks Using Pattern Recognition Methods

Mehraban Sangatash, M. ^{1*}, Mohebbi, M. ², Shahidi, F. ³, Qhods Rohani, M. ⁴,
Vahidian Kamyad, A. ⁵

1. Assistant Professor, Food Quality and Safety Department, Food Science and Technology Research Institute, ACECR, Khorasan Razavi, Iran
2. Professor, Department of Food science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3. Professor, Department of Food science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
4. Assistant Professor, Department of Food Technology, Institute of Scientific Applied Higher Education Jihad-e-Agriculture, Iran
5. Professor, Department of Applied Mathematics, Faculty of Mathematical Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

(Received: 2015/12/20 Accepted: 2016/02/15)

The objective of this study was to assess the relationships between physicochemical and microbiological properties of raw milk and the use of multivariate statistical analysis such as principal component analysis (PCA), hierarchical cluster analysis (HCA) and stepwise discriminant analysis (SDA) for pattern recognition and classification it. In this study, 48 raw milk samples were collected from some dairy herds of Mashhad. Samples were analyzed for the microbiological and physicochemical properties. PCA, HCA and SDA were applied to estimate the usefulness of the physicochemical and microbiological parameters for the differentiation and classification of raw milk using. The results of PCA shown the seven principal components explained 93.65% of total system variance. The PCA method permits a good classification between raw milk samples on the basis of the first three PCs. HCA classified physicochemical and microbiological properties of raw milk into three main groups that confirmed the correlation between the studied variables obtained by PCA. Using SDA it was determined which variables best classified the raw milk samples according to their quality. Finally, the classification functions allowed the correct classification of 91.7% of the raw milk samples. Due to the direct effect of raw milk quality on dairy products quality and consumer health, the quality of raw milk has special importance in the dairy industry. Therefore, classification of raw milk based on the quality characteristics will help to determine the price of raw milk and to produce high quality dairy products.

Keywords: Classification, Hierarchical cluster analysis, Principal component analysis, Raw milk, Stepwise discriminant analysis

* Corresponding Author E-Mail Address: mehraban@acecr.ac.ir