مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

# استفاده از آب الکترولیز در آب نمک مورد استفاده درتولید پنیر سفید جهت افزایش ماندگاری و بهبود خواص کیفی

پارسا قاسمی*[۱]، جواد حصاری*[۲]

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

۲- استاد تکنولوژی مواد غذایی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز

**اطلاعات مقاله**

**تاریخ های مقاله :**

**تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴**

**تاریخ داوری: ۱۴۰۴/۰۹/۰۳**

**تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۰۴**

**کلمات کلیدی:**

**آب الکترولیز شده،**

**پنیر سفید ایرانی،**

**افزایش ماندگاری،**

**خواص میکروبی**

DOI: 10.48311/fsct.2026.83978.0

* مسئول مکاتبات:

jhesari@tabrizu.ac.ir

Parsa.ghasemi1401@ms.tabrizu.ac.ir

**چکیده**

در این پژوهش، اثر استفاده از آب الکترولیز به‌عنوان روش ضدعفونی در تولید پنیر سفید ایرانی بررسی شد. غلظت‌های مختلف آب الکترولیز (۱، ۵ و ۱۰ درصد) به آب نمک افزوده و نمونه‌برداری در روزهای ۱، ۳۰ و ۶۰ انجام شد. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی، میکروبی و حسی ارزیابی گردید. نتایج نشان داد pH بین نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت، اما اسیدیته با افزایش غلظت آب‌الکترولیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت؛ به‌طوری که در نمونه ۵٪ اسیدیته از ۰/۱۲ به ۰/۱۶ تغییر کرد. درصد نمک طی نگهداری به طور معنی‌داری کاهش و درصد ماده خشک افزایش یافت. شاخص‌های رنگی L* و b* تغییر معنی‌دار داشتند و روشنایی نمونه‌ها کاهش یافت، اما شاخص قرمزی ($a^*$) تغییر معنی‌داری نشان نداد. شمارش کلی میکروب‌ها و رشد کپک در تمام نمونه‌های حاوی آب‌الکترولیز کاهش یافت و نمونه حاوی ۱٪ آب‌الکترولیز بیشترین اثر را داشت. رشد باکتری‌های اسیدلاکتیک در غلظت‌های ۱٪ و ۱۰٪ افزایش و در کنترل کاهش یافت. رشد مخمر با گذشت زمان افزایش، ولی با افزایش غلظت آب‌الکترولیز کاهش پیدا کرد. رشد کلیفرم در نمونه‌های ۵٪ و ۱۰٪ کاملاً متوقف شد.از نظر بافت، سختی پنیر در کنترل بیشتر و صمغیت در نمونه ۱٪ بالاتر بود. ارزیابی حسی نشان داد نمونه ۵٪ بهترین امتیاز پذیرش کلی را کسب کرد.نتایج این مطالعه نشان می‌دهد آب‌الکترولیز شده می‌تواند روشی مؤثر برای بهبود کیفیت میکروبی، بافتی و حسی پنیر سفید ایرانی باشد.

## ۱-مقدمه

پنیر عبارت است از فرآورده تازه یا رسیده حاصل از انعقاد شیر که به صورت نرم، نیمه سخت، سخت و خیلی سخت تهیه می‌شود. پنیر نام کلی برای گروهی از فرآورده‌های تخمیری شیر است که در مناطق مختلف جهان با طعم‌ها، بافت‌ها و شکل‌های بسیار متنوع تولید می‌گردد[۱]. پنیر را از دلمه شدن شیر، معمولاً شیر گاو، گاومیش، شتر، بز و گوسفند تهیه می‌کنند. شیر از طریق کشت باکتری‌ها، ترش (اسیدی) می‌شود و سپس با اضافه شدن آنزیم مایه پنیر یا یک جایگزین (مانند اسید استیک یا سرکه) دلمه می‌شود [۲]. پنیرها به طور کلی حاوی مواد مغذی و منبع ارزشمندی از پروتئین‌ها، لیپیدها، ویتامین‌ها مانند ویتامین A، $B_2$ و $B_{12}$ و مواد معدنی(به ویژه کلسیم و فسفر) با کیفیت بالا هستند[۳]. نگهداری پنیر به دلیل فساد میکروبی و اثرات نگهدارنده‌های شیمیایی بر سلامت انسان به یک مسئله جهانی اصلی برای صنعت پنیر تبدیل شده‌است. همچنین سلامت مصرف‌کننده و آگاهی از محیط زیست، محققان را برانگیخته است تا محصولات لبنی با ایمنی بالا، حداقل فرآوری، برچسب‌های زیست محیطی و سلامت را در نظر می‌گیرند، تولید کنند. پنیرها به طور طبیعی در برابر حملات میکروبی به دلیل عوامل متعددی مانند pH، فعالیت آبی، غلظت نمک، نیتریت‌ها، مواد آلی مصون هستند. اسیدها، باکتری‌های اسید لاکتیک تولیدکننده باکتریوسین (LAB)، دمای رسیدن و دمای نگهداری، آنزیم‌های باقی‌مانده و ترکیب شیمیایی پنیرها تأثیر متفاوتی واکنش های شیمیایی پایه در آند و کاتد را می توان در زیر خلاصه کرد[۷].

در سمت آند:

$$(1)\quad 2Cl^- \longrightarrow Cl_2\uparrow + 2e^-$$

$$(2)\quad Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl + H^+ + Cl^-$$

و در سمت کاتد:

$$(3)\quad H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2\uparrow$$

بر فساد پنیر دارد. حوادث ناگوار و آلودگی ثانویه در طول فرآوری پس از پاستوریزاسیون (HTST[1]) و زنجیره تامین از عوامل دیگری هستند که باعث فساد پنیر می‌شوند. همچنین آلودگی ثانویه پس از پاستوریزاسیون معمولاً از طریق تجهیزات فرآوری مواد غذایی، خطوط تولید، هوای آلوده و جابجایی نامناسب خرده فروشی، انواع بسته‌بندی مثل بسته‌بندی ناکافی، فرسودگی و پارگی در طول زنجیره تامین و جابجایی اتفاق می‌افتد[٤]. آب الکترولیز شده (EW[2]) محصول الکترولیز محلول رقیق NaCl یا مخلوطی از KCl و $MgCl_2$ در یک سلول الکترولیز است که در آن یک دیافراگم (سپتوم یا غشاء) آند و کاتد را جدا می‌کند. ولتاژ بین الکترودها به طور کلی در ۹ تا ۱۰ ولت تنظیم می‌شود. در طول الکترولیز، NaCl حل شده در آب دیونیزه شده به کلر با بار منفی و سدیم با بار مثبت تجزیه می‌شود. در همان زمان، یون‌های هیدروکسید و هیدروژن تشکیل می‌شوند. یون‌های دارای بار منفی مانند Cl و OH به سمت آند حرکت می‌کنند تا الکترون‌ها را رها کرده و به گاز اکسیژن، گاز کلر، یون هیپوکلریت، اسید هیپوکلروس و اسید هیدروکلریک تبدیل شوند. یون‌های دارای بار مثبت مانند H و Na به سمت کاتد حرکت می‌کنند تا الکترون‌ها را بگیرند و به گاز هیدروژن و هیدروکسید سدیم تبدیل شوند[۵]. آب اکسید اسیدی و قلیایی الکترولیز شده به ترتیب از قسمت‌های مثبت و منفی به دست می‌آید[٦].

اثر بخشی فعالیت‌های ضدمیکروبی آب الکترولیز شده به عوامل متعددی از جمله ویژگی‌های مشخص شده‌ی سیستم بیولوژیکی بستگی دارد. به عنوان مثال، عوامل مؤثر مانند زمان قرار گرفتن در معرض آب الکترولیز شده،

1- High temperature short time

2- Electrolyzed Water

غلظت کلر موجود (ACC[3]) و دما در مقایسه با سطوح، تأثیرات متفاوتی بر روی سوسپانسیون‌ها خواهند داشت. همچنین آب الکترولیز شده دارای فعالیت‌های ضدمیکروبی در سیستم‌های مختلف بیولوژیکی دارد. وجود کلر، pH پایین و پتانسیل اکسیداسیون–احیا (ORP[4]) بالا از عوامل اصلی فعالیت ضدمیکروبی آب الکترولیز شده اسیدی (EOW[5]) هستند. آب الکترولیز شده اسیدی رشد باکتری‌ها را کاهش می‌دهد و سلول‌های باکتری را با حساس کردن غشای خارجی آن‌ها به ورود HOCl به کلر فعال حساس‌تر می‌کند. ترکیبات فعال کلر می‌توانند غشاهای میکروارگانیسم‌ها را از بین ببرند، اما روش‌های دیگری از به طور خلاصه، EW خاصیت میکروب‌کشی خود را با حمله به چندین هدف سلولی (سیتودرم، غشای خارجی و اجزای درون سلولی) نشان می‌دهد. مورفولوژی سطوح سلولی پس از تیمار با EW از صاف، متوالی و روشن به زبر، منقبض شده و حتی لیز تبدیل می‌شود. درهمین‌حال، موانع محافظتی باکتریایی (دیواره سلولی و غشاء) توسط گونه‌های کلر مورد حمله و تخریب قرار گرفتند که می‌تواند نفوذپذیری غشاء و نشت ترکیبات درون‌سلولی ($K^+$، پروتئین‌ها و DNA ) را افزایش دهد[۸].

هدف استفاده از آب الکترولیز در محصولات لبنی بخصوص در پنیر حفظ کیفیت حسی و خواص بافتی آن و از بین بردن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و همچنین کاهش زمان فرآیند پاستوریزاسیون جهت حفظ مواد معدنی موجود در آن می‌باشد.

## ۲–مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه آزمون‌های شیمیایی و فعالیت ضدمیکروبی آب الکترولیز در پنیر سفید ایرانی آزمایش‌ها به شرح زیر انجام شد.

### ۲–۱– روش تولید پنیر سفید ایرانی

پنیرسفید ایرانی طبق روش پنیرسازی در شرکت ناژو واقع در حومه تبریز تولید شد. برای تهیه پنیر سفید، شیر تازه و کامل گاو پس از تعیین ترکیبات آن و استاندارد سازی، در دمای ۷۵ درجه سیلسیوس به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه شد و پس از آن تا دمای ۳۳ درجه سانتی‌گراد خنک گردید. در ادامه آغازگر مزوفیل (به مقدار ۳٪) اضافه شد. بعد از افزودن آغازگر مخلوط به مدت نیم ساعت در همین دما در وت پنیر نگهداری شد. سپس رنت به مقدار یک گرم در صد لیتر شیر، به شیر اضافه شد تا بعد از گذشت حدود ٦۰ دقیقه لخته تشکیل شود. در ادامه لخته برش داده شد و بعد از جداسازی آب پنیر، پرس شد تا دلمه پنیر حاصل شود. در نهایت دلمه‌های پنیر به اندازه‌ی قالب‌های پنیر برش داده شدند و داخل آب نمک ۱۸٪ به مدت ٤ ساعت قرار گرفتند و سپس در آب نمک ۱۰٪ حاوی مقادیر مختلفی از آب الکترولیز شده در ظروف پلاستیکی استریل بسته بندی شدند و تا زمانی که pH به ٤/٦ برسد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شد و سپس به مدت ٦۰ روز برای انجام آزمایش‌ها به دمای ۸ درجه سانتی‌گراد منتقل و در این محیط نگهداری گردید.

### ۲–۲– تهیه تیمارها

عملکرد کلر (به عنوان مثال دکربوکسیلاسیون اسیدهای آمینه، واکنش با اسیدهای نوکلئیک و متابولیسم نامتعادل پس از تخریب آنزیم‌های کلیدی) نیز پیشنهاد شده‌است. HOCl فعال‌ترین ترکیبات کلر است زیرا HOCl به غشای سلولی نفوذ می‌کند و رادیکال‌های هیدروکسیل تولید می‌کند که فعالیت ضدمیکروبی خود را از طریق اکسیداسیون سیستم‌های متابولیک کلیدی اعمال می‌کنند. کسرهای نسبی ترکیبات کلر ($Cl_2$، HOCl و OCl) وابسته به pH هستند و بر فعالیت باکتری‌کشی آب الکترولیز شده اسیدی تأثیر می‌گذارند[۵].

3-Available Chlorine Concentration

4-Oxygen_ Reduction Potential

5-Acidic electrolyzed water

**۲-۲-۱- تیمارهای مورد بررسی و روش تهیه آب پنیر حاوی آب الکترولیز**

نمونه کنترل، آب نمک ۱۰٪ فاقد آب الکترولیز شده است. تیمار۲: آب نمک شامل ۱٪ آب الکترولیز شده که از ترکیب ۹۹ سی‌سی آب نمک ۱۰٪ با ۱ سی‌سی آب الکترولیز شده تهیه گردید. تیمار ۳: آب نمک شامل ۵٪ آب الکترولیز شده که از ترکیب ۹۵ سی‌سی آب نمک ۱۰٪ با ۵ سی‌سی آب الکترولیز شده تهیه گردید. تیمار٤: آب نمک شامل ۱۰٪ آب الکترولیز شده که از ترکیب ۹۰ سی‌سی آب نمک ۱۰٪ با ۱۰ سی‌سی آب الکترولیز شده تهیه گردید. هر ۳۰ روز یکبار به مدت ٦۰ روز از هر کدام از تیمارها برداشته شد و آزمایش‌ها فیزیکوشیمیایی و میکروبی بر روی آن انجام پذیرفت. تمامی آزمایشات در ۳ تکرار انجام شد.

**۲-۳- آزمایش‌های میکروبی پنیر**

ابتدا ۲۰ گرم از پنیر تولید شده به ٤۵ میلی لیتر محلول سیترات سدیم ۲٪ w/v استریل اضافه شد و به مدت ۱/۵ دقیقه در استومیکر ۲٦۰ rpm همگن گردید و سپس محلول حاصل به عنوان رقت $10^{-1}$ برای تهیه رقت‌های بعدی استفاده گردید. برای رقت های بعدی $10^{-2}$ _$10^{-7}$ در لوله های حاوی ۹۰ml سرم فیزیولوژی استریل تهیه گردید و سپس از هر رقت تهیه شده به میزان ۰/۱ml توسط سمپلر بصورت کشت آمیخته در محیط‌های کشت پلیت کانت آگار، دکستروز کلرامفنیکل آگار(YGC-agar) ، MRS-agar و VRBA به ترتیب، برای شمارش کلی باکتری‌ها، کپک و مخمر، باکتری‌های لاکتیک اسید و کلی فرم منتقل شد و سپس محیط‌های کشت تلقیح شده برای شمارش کلی باکتری‌ها در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و باکتری‌های لاکتیک اسید در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد به مدت ٤۸ ساعت و محیط‌های کشت تلقیح شده برای کپک و مخمر در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت ۳-۵ روز و برای کلی‌فرم ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲٤ ساعت گرمخانه گذاری شد [۹-۱۲].

**۲-٤- آزمایش‌های شیمیایی پنیر**

نمونه‌ها در سه تکرار تحت آزمایش‌های شیمیایی قرار گرفتند. اندازه‌گیری pH، اسیدیته، نمک، ماده خشک، چربی، پروتئین به روش استاندارد ملی ایران به ترتیب شماره‌های ۲۸۵۲، ۱۸۰۹، ۱۷۵۳، ۷٦۰، ۱_۹۱۸۸، انجام شد [۱۳-۱۷].

**۲-۵- ارزیابی شاخص‌های رنگی**

ارزیابی رنگ توسط دستگاه هانترلب در آزمایشگاه لبنیات دانشکده تحصیلات تکمیلی دانشگاه تبریز انجام شد و L_value، a_value و b_value که به ترتیب برای سنجش میزان روشنایی، گرایش به قرمزی_سبزی، گرایش به زردی_آبی هستند، مورد بررسی قرار گرفت[۱۸].

**۲-٦- ارزیابی حسی**

برای مشخص کردن میزان مقبولیت کلی محصول توسط مصرف‌کنندگان از ۹ ارزیاب آموزش دیده برای انجام آزمون استفاده شد و در خصوص امتیازدهی به رنگ و ظاهر، آروما، بافت، طعم و پذیرش کلی در مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای (از ۱ تا ۵) آموزش داده شدند. حداقل و حداکثر رضایتمندی به ترتیب با امتیازات ۱ و ۵ (هدونیک ۵ نقطه‌ای) مشخص گردید.

**۲-۷- آزمون آنالیز پروفایل بافت**

آزمون پروفایل بافت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (Stable Micro System، مدلTA.XT.PLUS، انگلستان) انجام شد. ابتدا نمونه‌های پنیر به ابعاد ۲۰×۲۰×٤۵ میلی‌متر برش داده شدند. برای این منظور مقدار ۱۰۰ گرم از نمونه با استفاده از پروب به شکل سیلندر با قطر ۲۵ میلی‌متر و با سرعت قبل از آزمون ۱ میلی‌متر بر ثانیه، سرعت آزمون ۰/۵ میلی‌متر بر ثانیه و سرعت پس از آزمون ۱ میلی‌متر بر ثانیه همچنین عمق نفوذ ۱۵میلی‌متر مورد ارزیابی قرار گرفت. صفات مورد اندازه گیری نیز عبارت بودند از

سختی[6]، پیوستگی[7]، فنریت[8]، حالت صمغی[9] و قابلیت جویدن[10] که با استفاده از نرم افزار Texture Exponent Lite و از روی گراف‌ها مشخص شد.

**۲-۸- تجزیه و تحلیل آماری**

این پژوهش بر پایه آزمون فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کاملا تصادفی انجام گردید. کلیه‌ی آزمون‌ها در ۳ تکرار انجام گرفت. میانگین و انحراف معیار (SD)[11] داده‌ها محاسبه گردید. اثر هر یک از تیمارها و متغیرها با کاربرد آنالیز واریانس یک طرفه و با استفاده از نرم افزار SPSS مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن جهت بررسی معنی‌دار بودن اثر متقابل متغیرها در سطح احتمال P<۰/۰۵ با استفاده از نرم‌افزار spss انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱-آنالیز شیمیایی

### ۳-۱-۱-تغییرات میزان ازت و چربی

همانطور که در جدول (۱) مشاهده می‌گردد؛ مقدار ازت و چربی در پنیر سفید ایرانی بین نمونه کنترل و سایر نمونه‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف آب الکترولیز در مدت زمانی ۶۰ روز نگهداری در دمای ۸ درجه سانتی‌گراد ثابت ماند.

**Table1:** Variations of nitrogen and fat content in Iranian white cheese containing Electrolysis Water

| Sample | nitrogen content | amount of fat |
|---|---|---|
| Control | 11/78±0/005 | 15±0/07 |
| $T_2$ | 11/25±0/06 | 16±0/02 |
| $T_3$ | 12/13±0/01 | 15±0/05 |
| $T_4$ | 11/41±0/02 | 14/5±0/03 |

($T_2$): brine containing %1 Electrolysis Water; ($T_3$): brine containing %5 Electrolysis Water; ($T_4$): brine containing %10 Electrolysis Water.

### ۳-۱-۲- تغییرات pH

نتایج تغییرات میزان pH در نمونه‌های پنیر سفید طی مدت نگهداری در جدول (۲) گزارش شده‌است. بین نمونه کنترل و سایر نمونه‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف آب الکترولیز، تفاوت معنی‌داری از لحاظ pH وجود نداشت (P>۰/۰۵). بررسی اثر متقابل زمان و غلظت‌های مختلف آب الکترولیز نشان داد که در مدت ۶۰ روز نگهداری، بیشترین میزان pH در نمونه‌ی تیمار۲( آب الکترولیز با غلظت ۱٪) مربوط به روز یک و کمترین میزان در تیمار ۲ ( آب الکترولیز با غلظت ۱٪) مربوط به روز ۳۰ مشاهده گردید. با گذشت مدت زمان نگهداری میزان pH نمونه‌های پنیر در روز ۳۰ کاهش یافت و سپس در روز ۶۰ اندکی افزایش یافت که معنی‌دار نبود. دلیل این افزایش را میتوان

6-Hardness

7- Cohesiveness

8 -Springiness

9 -Gumminess

10- Chewiness

11 -standard deviation

به آزاد شدن گروه‌های آمین و کربونیل از واکنش‌های پروتئولیز نسبت داد. تغییر در pH تغییرات موثری در ماهیت ترکیبات به وجود آمده در پنیر را ایجاد می‌کند. همچنین می‌توان روند کاهش pH را به تجزیه‌ی اسید هیپوکلروس به $H^+$ و $Cl^-$ و تولید اسیداستیک نسبت داد[۵]. طی دوره رسیدن به دلیل تخمیر لاکتوز و تولید اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب در اثر پروتئولیز و لیپولیز، pH کاهش می‌یابد که احتمالا دلیل این کاهش را می‌توان به تولید اسیدلاکتیک توسط آغازگرهای پنیر و همچنین در همین راستا، به تولید $H^+$ در فرآیند الکترولیز آب نسبت داد. نتایج به دست آمده با نتایج پژوهشی که آب الکترولیز شده خنثی در سینه مرغ به عنوان گزینه نگهدارنده در صنعت طیور را بررسی کرده بودند، مطابقت داشت[۱۹].

**Table2:** The interaction effect of Electrolyzed Water and storage on pH changes in Iranian white cheese containing different times of Electrolysis Water

| Sample | Storage time (days) | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 30 | 60 |
| Control | 5/39±0/01$^{ns}$ | 4/58±0/07$^{ns}$ | 4/62±0$^{ns}$ |
| $T_2$ | 5/69±0/47$^{ns}$ | 4/14±0$^{ns}$ | 4/47±0/06$^{ns}$ |
| $T_3$ | 5/3±0/11$^{ns}$ | 4/33±0$^{ns}$ | 4/72±0/01$^{ns}$ |
| $T_4$ | 5/08±0/47$^{ns}$ | 4/34±0$^{ns}$ | 4/93±0/02$^{ns}$ |

*ns indicates a non-significant difference at the 0.05 level.
*The results are reported as the mean of three replicates ± standard deviation
($T_2$): brine containing %1 Electrolysis Water; ($T_3$): brine containing %5 Electrolysis Water; ($T_4$): brine containing %10 Electrolysis Water.

### ۳-۱-۳- تغییرات اسیدیته

نتایج تغییرات میزان اسیدیته در نمونه‌های پنیر سفید طی مدت نگهداری در جدول (۳) ) گزارش شده‌است. بررسی اثر متقابل زمان و غلظت‌های مختلف آب الکترولیز نشان داد که با افزودن درصدهای مختلف آب الکترولیز شده خنثی، تفاوت معنی‌داری از لحاظ اسیدیته وجود داشت (P<۰/۰۵). بررسی اثر متقابل زمان و غلظت‌های مختلف آب الکترولیز نشان داد که در همه‌ی بازه‌های زمانی مورد نظر و نگهداری به مدت ۶۰ روز، بیشترین میزان اسیدیته در نمونه‌ی کنترل مربوط به روز ۳۰ و کمترین میزان در نمونه کنترل مربوط به روز ۶۰ مشاهده گردید. با گذشت زمان نگهداری، میزان اسیدیته نمونه‌های پنیر در تیمار کنترل و تیمار۲ ( آب الکترولیز با غلظت۱٪) کاهش یافته و در تیمار۳ (آب الکترولیز با غلظت ۵٪) وتیمار٤ (آب الکترولیز با غلظت۱۰٪) افزایش یافته‌است. که مهم‌ترین عامل آن تولید اسیدلاکتیک توسط آغازگرهای پنیر است. می‌توان روند افزایشی اسیدیته را به تجزیه‌ی اسید هیپوکلروس به $H^+$ و $CL^-$ و تولید اسیداستیک نسبت داد[۵].

**Table3:** The mutual effect of treatments and different storage times on changes in the acidity of Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water

| Sample | Storage time (days) | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 30 | 60 |
| Control | 0/19±0$^{b}$ | 0/21±0$^{a}$ | 0/09±0/005$^{f}$ |
| $T_2$ | 0/16±0$^{d}$ | 0/18±0$^{c}$ | 0/14±0/005$^{d}$ |
| $T_3$ | 0/12±0$^{e}$ | 0/16±0$^{d}$ | 0/16±0$^{d}$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| $T_4$ | $0/16\pm0^{d}$ | $0/19\pm0^{b}$ | $0/18\pm0^{c}$ |

*Different letters indicate a significant difference at the 0.05 level and checking the interaction between samples and storage time.
*The results are reported as the mean of three replicates ± standard deviation.
($T_2$): brine containing %1 Electrolysis Water; ($T_3$): brine containing %5 Electrolysis Water; ($T_4$): brine containing %10 Electrolysis Water.

### ۳-۱-٤- تغییرات میزان نمک

نتایج تغییرات میزان نمک در نمونه‌های پنیر سفید طی مدت نگهداری در جدول (٤ گزارش شده‌است. بررسی اثر متقابل زمان و غلظت‌های مختلف آب الکترولیز نشان داد که بین نمونه کنترل و سایر نمونه‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف آب الکترولیز تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان نمک وجود داشت (P<۰/۰۵). مقدار نمک در مدت زمان ٦۰ روز نگهداری، در تیمار٤ (آب الکترولیز با غلظت۱۰٪) نسبت به نمونه کنترل کاهش یافته و با گذشت زمان روند کاهشی داشته است. علت کاهش میزان نمک را می‌توان به افزایش غلظت آب الکترولیز نسبت داد. با افزایش غلظت آب الکترولیز از آب نمک ۱۰٪ کمتری استفاده شد و احتمال داده می‌شود در هنگام تولید آب الکترولیز NaCl در طی زمان تجزیه می‌گردد و با تولید اسید هیپوکلروس و یون هیپوکلریت تاثیر خود را می‌گذارد[۵]. نمک برای حفظ سختی پنیر و همچنین طعم دادن به آن استفاده می‌شود و وقتی نسبت نمک کاهش می‌یابد، پنیر تمایل به ذوب شدن دارد و در نهایت نرم و حل می‌شود. زیرا برخی از مواد معدنی که به پنیر حالت سختی می‌دهند، حل شده و به آب نمک منتقل می‌شوند. بنابراین آب موجود در آب نمک به داخل پنیر نفوذ می‌کند و محتوای آب را افزایش می‌دهد[۲۰]. نمک با کاهش آب محتوای پنیر و در نتیجه کاهش فعالیت آبی باعث افزایش زمان ماندگاری این محصول و از طرفی دیگر استفاده از نمک باعث توقف رشد و کنترل رشد میکروب‌های مضر مانند شمارش‌کلی، کلیفرم، کپک و مخمر می‌گردد.

**Table 4:** The interaction effect of treatments and time on changes in the amount of salt in Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water

| Sample | Storage time (days) | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 30 | 60 |
| Control | $0/87\pm0^{a}$ | $0/86\pm0/01^{a}$ | $0/76\pm0/02^{c}$ |
| $T_2$ | $0/84\pm0^{ab}$ | $0/57\pm0^{e}$ | $0/49\pm0^{g}$ |
| $T_3$ | $0/81\pm0/02^{b}$ | $0/52\pm0^{f}$ | $0/48\pm0/01^{g}$ |
| $T_4$ | $0/61\pm0/03^{d}$ | $0/52\pm0/005^{f}$ | $0/52\pm0/01^{ef}$ |

*Different letters indicate a significant difference at the 0.05 level and checking the interaction between samples and storage time.
*The results are reported as the mean of three replicates ± standard deviation.
($T_2$): brine containing %1 Electrolysis Water; ($T_3$): brine containing %5 Electrolysis Water; ($T_4$): brine containing %10 Electrolysis Water.

### ۳-۱-۵- تغییرات میزان ماده خشک

نتایج تغییرات میزان ماده خشک در نمونه‌های پنیر سفید طی مدت نگهداری در جدول (۵) گزارش شده‌است.

بررسی اثر متقابل زمان و غلظت‌های مختلف آب الکترولیز نشان داد که آب الکترولیز شده بین نمونه کنترل و سایر نمونه‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف آب الکترولیز روند افزایشی داشته اما با وجود افزایش ماده خشک تاثیر معنی‌داری از لحاظ میزان ماده خشک وجود نداشت (P>۰/۰۵). در مطالعه‌ای که بر روی آب اکسید کننده الکترولیز شده در کنترل گونه سودوموناس سرگنه در محصولات گوجه فرنگی انجام گرفته بود، نتیجه گرفت که در دوره نگهداری ۷ روزه از نظر رطوبت نسبی تفاوت آماری معنی داری بین میوه‌ها مشاهده نشد (P<۰/۰۰۰۱) که مطابق با نتایج به دست آمده در این پژوهش بود[۲۱]. همچنین در پژوهشی دیگر اثر آب فعال شده با پلاسما و آب الکترولیز شده کمی اسیدی (SAEW[12] ) به عنوان محیط ذوب گوشت گاو برای افزایش ایمنی میکروبیولوژیکی را بررسی کردند و دریافتند که AEW تاثیر ناچیزی بر از دست دادن رطوبت دارد[۲۲].

**Table 5:** The interaction effect of treatments and time on changes in dry matter of Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water

| Sample | Storage time (days) | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 30 | 60 |
| Control | 32/7±0/17$^{ns}$ | 28/3±0/43$^{ns}$ | 33/9±1/02$^{ns}$ |
| $T_2$ | 28/1±0/57$^{ns}$ | 30/9±1/61$^{ns}$ | 34/2±2/08$^{ns}$ |
| $T_3$ | 29/6±0/2$^{ns}$ | 32/2±1/92$^{ns}$ | 31/2±1/92$^{ns}$ |
| $T_4$ | 30/8±1/33$^{ns}$ | 32/2±2/402$^{ns}$ | 30/8±1/33$^{ns}$ |

*ns indicates a non-significant difference at the 0.05 level.
*The results are reported as the mean of three replicates ± standard deviation.
($T_2$): brine containing %1 Electrolysis Water; ($T_3$): brine containing %5 Electrolysis Water; ($T_4$): brine containing %10 Electrolysis Water.

**۳-۲-آنالیز میکروبی**

## ۳-۲-۱- بررسی نتایج شمارش کلی

جدول ٦، لگاریتم میزان شمارش کلی را نشان می‌دهد. بررسی اثر متقابل زمان و غلظت‌های مختلف آب الکترولیز در شمارش کلی تعداد باکتری‌ها بین نمونه کنترل و سایر نمونه‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف آب الکترولیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵). طبق جدول ٦، میزان تعداد کل باکتری‌ها در نمونه‌ی کنترل در طی مدت زمان ٦۰ روز نگهداری به دلیل عدم استفاده از عامل ضدمیکروبی روند افزایشی داشته اما در نمونه‌های تیمار شده با آب الکترولیز میزان کلی میکروارگانیسم کاهش پیدا کرد. می‌توان گفت در نتیجه تولید اگزوپلی‌ساکاریدها، بیوفیلم اطراف میکروارگانیسم ایجاد می‌گردد و تشکیل بیوفیلم باعث افزایش مقاومت باکتری‌ها در مواجه با محلول هیپوکلریت‌ها می‌شود[۲۳]. به طور کلی فعالیت ضد میکروبی محلول‌های مرتبط با کلر به مقدار هیپوکلرواسید موجود در آب بستگی دارد. کلر موجود در آب الکترولیز شده ممکن است مهم‌ترین نقش را در از بین بردن باکتری‌ها داشته باشد. در مقدار pH ٥ – ٦/٥ غالب‌ترین شکل ترکیبات کلر در آب الکترولیز شده خنثی اسید هیپوکلروس است که ثابت شده است بیشترین فعالیت باکتری‌کشی را دارد[٢٤]. همچنین می‌توان به دلیل وجود نمک در محلول مورد استفاده احتمال داد که نمک فشار اسمزی فاز آبی غذا را افزایش می‌دهد و باعث کم آبی باکتری‌ها می‌شود، در نتیجه آن‌ها را از بین می‌برد و یا از رشد آن‌ها جلوگیری می‌کند[۲۵]. نتایج به دست آمده با

12 -Slightly acidic electrolyzed water

نتایج حاصل از مطالعه‌ای در بررسی کارایی آب الکترولیز شده کمی اسیدی برای غیرفعال کردن *سالمونلا انتریتیدیس*[13] و تخم‌های پوسته آلوده آن و همچنین با نتایج پژوهشی که اثر بخشی آب الکترولیز شده خنثی برای کاهش میکروبی آلودگی سبزی‌ها با حداقل فرآوری را بررسی کرده بودند و با نتایج پژوهشی دیگر که اثر باکتری‌کشی آب الکترولیز شده کمی اسیدی در برابر سلول‌های پلانکتون *لیستریا مونوسیتوژنز* و بیوفیلم بر روی سطوح در تماس با غذا، مطابقت داشت[۲۳، ۲۶ و ۲۷].

**Table 6:** Interaction effect of treatments and time on total count in Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water

| Sample | Storage time (days) | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 30 | 60 |
| Control | 8/46±0/1$^{cd}$ | 9/27±0/02$^{b}$ | 10/64±0/14$^{a}$ |
| $T_2$ | 8/25±0/05$^{ef}$ | 7/33±0/1$^{g}$ | 6/87±0/02$^{h}$ |
| $T_3$ | 8/65±0/05$^{c}$ | 8/41±0/2$^{e}$ | 6/21±0/05$^{i}$ |
| $T_4$ | 8/29±0/26$^{ef}$ | 8/12±0/01$^{f}$ | 6±0$^{j}$ |

*Different letters indicate a significant difference at the 0.05 level and checking the interaction between samples and storage time.

*The results are reported as the mean of three replicates ± standard deviation.

($T_2$): brine containing %1 Electrolysis Water; ($T_3$): brine containing %5 Electrolysis Water; ($T_4$): brine containing %10 Electrolysis Water.

## ۳-۲-۲- بررسی نتایج شمارش باکتری‌های اسید لاکتیک

جدول ۷، لگاریتم میزان باکتری‌های اسید لاکتیک[14] را نشان می‌دهد. بررسی اثر متقابل زمان و غلظت‌های مختلف آب الکترولیز نشان داد که بین نمونه کنترل و سایر نمونه‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف آب الکترولیز، تفاوت معنی‌داری از میزان اسیدلاکتیک وجود داشت (P<۰/۰۵). مشاهده می‌گردد که رشد باکتری اسیدلاکتیک در تیمار ۲ (آب الکترولیز با غلظت ۱٪) و تیمار ٤ (آب الکترولیز با غلظت ۱۰٪) روند افزایشی بوده و در تیمار کنترل و تیمار ۳ (آب الکترولیز با غلظت ۵٪) روند کاهشی داشته است. احتمالا به دلیل قدرت اکسید کنندگی آب الکترولیز، باکتری‌های *لاکتوباسیل* که عامل ایجاد *اسید لاکتیک* هستند اکسید شده و در نتیجه گاز دی اکسید کربن در پنیر تولید گردید. همچنین دلیل کاهش *اسید لاکتیک* را میتوان ناشی از وجود مخمر بالا و فعالیت آن در نمونه‌های پنیر تولیدی دانست زیرا موجب مصرف اسید و کاهش *اسید لاکتیک* می‌گردد[۲۸].

**Table7:** The interaction effect of treatments and time on the amount of starter bacteria in Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water

| Sample | Storage time (days) | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 30 | 60 |
| Control | 8/5±0/03$^{c}$ | 5/49±0/11$^{e}$ | 3/58±0/11$^{f}$ |
| $T_2$ | 8/57±0/18$^{c}$ | 9/6±0/23$^{a}$ | 9/05±0/05$^{b}$ |
| $T_3$ | 8/5±0/12$^{c}$ | 8/38±0/08$^{c}$ | 7/28±0/2$^{d}$ |

13- *Salmonella enteritidis*

14 -Lactic acid bacteria

| | | | |
|---|---|---|---|
| $T_4$ | 8/41±0/02[c] | 8/34±0/03[c] | 9/17±0/13[b] |

*Different letters indicate a significant difference at the 0.05 level and checking the interaction between samples and storage time.
*The results are reported as the mean of three replicates ± standard deviation.
($T_2$): brine containing %1 Electrolysis Water; ($T_3$): brine containing %5 Electrolysis Water; ($T_4$): brine containing %10 Electrolysis Water.

### ۳-۲-۳- بررسی نتایج شمارش کپک

جدول ۸، لگاریتم تعداد کپک در پنیر سفید ایرانی را نشان می‌دهد. بررسی اثر متقابل زمان و غلظت‌های مختلف آب الکترولیز نشان داد که، بین نمونه کنترل و سایر نمونه‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف آب الکترولیز، تفاوت معنی‌داری از لحاظ کپک وجود داشت (P<۰/۰۵). طبق جدول ٤-۹ مشاهده می‌شود که تعداد کپک در مدت زمان ٦۰ روز نگهداری روند کاهشی داشته و در نهایت در روز ٦۰ به صفر میل کرده و بیشترین اثر را تیمار ٤ (آب الکترولیز با غلظت ۱۰٪) داشته است. به طور کلی میتوان گفت آب الکترولیز شده به دلیل pH پایین و مقادیر ORP بالاتر همراه با کلر موجود، دارای فعالیت ضدمیکروبی بالاتری است[٢٤]. همچنین میتوان گفت که با افزایش غلظت و افزایش مدت زمان اعمال آب الکترولیز رشد کپک به صفر میل کرده است و آب الکتروز شده توانسته است که بیوفیلم تشکیل شده را از بین ببرد [۲۳]. نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از مطالعه‌ای که اثر هم اسید فوماریک[15] ترکیبی و آب الکترولیز شده کمی اسیدی بر غیرفعال کردن پاتوژن‌های منتقل شده از غذا و افزایش ماندگاری گوشت گاو تازه را بررسی کرده بودند، مطابقت داشت[۲۹]. همچنین موافق با نتایج مطالعه‌ای که فعالیت قارچ کشی آب اکسید کننده الکترولیز شده اسیدی را بررسی کرده بودند و نتایج پژوهشی که پتانسیل آب الکترولیز شده برای غیرفعال کردن قارچ‌های فاسد کننده نان و پنیر را مورد مطالعه قرار داده بودند و بیشترین کاهش را *پنسیلیوم راکفورتی*[16] در بین تمام قارچ‌های فاسد آزمایش‌شده (۹۷/۵٪) نشان داده بود، است[۳۰-۳۱].

**Table 8:** The interaction effect of treatments and time on the amount of mold in Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water

| Sample | Storage time (days) | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 30 | 60 |
| Control | 1/15±0/15[b] | 0±0[d] | 1/15±0/15[a] |
| $T_2$ | 1/15±0/15[b] | 1/38±0/08[d] | 0±0[d] |
| $T_3$ | 1±0[c] | 0±0[d] | 0±0[d] |
| $T_4$ | 0±0[d] | 0±0[d] | 0±0[d] |

*Different letters indicate a significant difference at the 0.05 level and checking the interaction between samples and storage time.
*The results are reported as the mean of three replicates ± standard deviation.
($T_2$): brine containing %1 Electrolysis Water; ($T_3$): brine containing %5 Electrolysis Water; ($T_4$): brine containing %10 Electrolysis Water.

### ۳-۲-٤- بررسی نتایج شمارش مخمر

جدول۹، لگاریتم تعداد مخمر در پنیر سفید ایرانی را نشان می‌دهد. همانطور که در جدول ۹ مشاهده می‌گردد، بررسی

15 -Fumaric acid

16 -*Penicillium roqueforti*

اثر متقابل زمان و غلظت‌های مختلف آب الکترولیز نشان داد که بین نمونه کنترل و سایر نمونه‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف آب الکترولیز، تفاوت معنی‌داری از لحاظ تعداد مخمر وجود داشت (P<۰/۰۵). طبق جدول ۹ مشاهده می‌شود که تعداد مخمر با افزایش مدت زمان اعمال آب الکترولیز شده، افزایش یافته ولی با افزایش غلظت بین تیمارها کاهش یافته است. یعنی در مدت زمان ٦۰ روز نگهداری روند افزایش داشته و بیشترین میزان در نمونه کنترل مربوط به روز ٦۰ مشاهده می‌گردد. اما در بازه‌های زمانی تعیین شده روز ۳۰ و ٦۰ هرچه غلظت آب الکترولیز افزایش یافته، رشد مخمر روند کاهشی داشته است. علت این تغییرات را می‌توان به غلظت آب الکترولیز و مدت زمان اعمال آن و اثر آن در مقابل بیوفیلم محافظ اطراف میکروارگانیسم نسبت داد. نتایج حاصل با نتایج تحقیقات باک و همکاران(۲۰۰۲)، که فعالیت قارچ کشی آب اکسید کننده الکترولیز شده اسیدی را بررسی کرده بودند و تانگو و همکاران(۲۰۱٤) که اثر هم افزایی اسید فوماریک ترکیبی و آب الکترولیز شده کمی اسیدی بر غیرفعال کردن پاتوژن‌های منتقل شده از غذا و افزایش ماندگاری گوشت گاو تازه را بررسی کرده بودند و لموس و همکاران (۲۰۲۲)، که پتانسیل آب الکترولیز شده برای غیرفعال کردن قارچ‌های فاسد کننده نان و پنیر را مورد مطالعه قرار داده بودند مطابقت داشت[۳۱،۲۹،۳۰].

**Table 9:** The interaction effect of treatments and time on the amount of yeast in Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water

| Sample | Storage time (days) | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 30 | 60 |
| Control | $0\pm0^{h}$ | $7/38\pm0/005^{b}$ | $7/16\pm0/09^{c}$ |
| $T_2$ | $1/35\pm0/15^{f}$ | $1/45\pm0/15^{f}$ | $7/14\pm0/08^{c}$ |
| $T_3$ | $1/38\pm0/08^{f}$ | $8/8\pm0/09^{a}$ | $6/25\pm0/08^{d}$ |
| $T_4$ | $1/38\pm0/03^{f}$ | $1\pm0^{g}$ | $3/03\pm0/03^{a}$ |

*Different letters indicate a significant difference at the 0.05 level and checking the interaction between samples and storage time.

*The results are reported as the mean of three replicates ± standard deviation.

($T_2$): brine containing %1 Electrolysis Water; ($T_3$): brine containing %5 Electrolysis Water; ($T_4$): brine containing %10 Electrolysis Water.

## ۳-۲-۵- بررسی نتایج شمارش کلیفرم

جدول ۱۰، لگاریتم تعداد کلی‌فرم در پنیر سفید ایرانی را نشان می‌دهد. بررسی اثر متقابل زمان و غلظت‌های مختلف آب الکترولیز نشان داد که بین نمونه کنترل و سایر نمونه‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف آب الکترولیز، تفاوت معنی‌داری از لحاظ تعداد *کلیفرم* وجود داشت (P<۰/۰۵). طبق جدول ۱۰ مشاهده می‌شود که تعداد *کلیفرم* در مدت زمان ٦۰ روز نگهداری، در نمونه کنترل افزایش یافته است اما در نمونه‌های تیمار شده به علت خاصیت میکروب‌کشی آب الکترولیز وتاثیر آن در برابر تشکیل بیوفیلم، روند کاهشی مشاهده می‌شود. در نتیجه با افزایش مدت زمان و استفاده از غلظت‌های بالاتر آب الکترولیز شده، تعداد *کلیفرم*ها به صفر میل می‌کند. به طور کلی میتوان گفت آب الکترولیز شده به دلیل pH پایین و مقادیر ORP بالاتر همراه با کلر موجود، دارای فعالیت ضدمیکروبی بالاتری است. همچنین میتوان به وجود اسیدپراستک و هیپوکلریت سدیم نسبت داد[۲٤].نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج حاصل از مطالعه‌ی تانگو و همکاران (۲۰۱٤)، که اثر هم‌افزایی اسید فوماریک ترکیبی و آب الکترولیز شده کمی اسیدی بر غیرفعال کردن پاتوژن‌های منتقل شده از غذا و افزایش ماندگاری گوشت گاو تازه را بررسی کرده بودند، مطابقت داشت[۲۹].

همچنین با نتایج پژوهش هریکووا و همکاران (۲۰۰۸)، که کاربرد آب الکترولیز شده در صنایع غذایی و پژوهش سرمدی و همکاران(۲۰۱۷)، که کارایی آب الکترولیز شده کمی اسیدی برای غیرفعال کردن *سالمونلا انتریتیدیس* و تخم‌های پوسته آلوده آن را بررسی کردند. نتایج شمارش کلنی‌های *E. coli*[17] در هر گرم پوسته تخم مرغ‌های حاوی باکتری *E. coli* و ضدعفونی آن با آب الکترولیز شده نشان داد که تفاوت معنی‌داری در بین گروه‌ها وجود ندارد اما بعد از اعمال ضدعفونی، کمترین تعداد کلنی *E. coli* در گروه فرمالدهید و آب الکترولیز شده اسیدی، و بیشترین تعداد در گروه کنترل دیده شد و تخم مرغ‌هایی که با آب الکترولیز شده قلیایی و خنثی، ضدعفونی شدند اختلاف معنی‌داری با سایر گروه‌ها دارند (P<۰/۰۵)، مطابقت داشت[۵و۳۲]. همچنین با نتایج پژوهش آبادیس و همکاران (۲۰۰۸)، که اثر بخشی آب الکترولیز شده خنثی برای کاهش میکروبی آلودگی سبزی‌ها با حداقل فرآوری را بررسی کرده بودند، مطابقت داشت[۲۷].

**Table 10:** The interaction effect of treatments and time on the amount of coliform in Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water

| Sample | Storage time (days) | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 30 | 60 |
| Control | 1/73±0/04$^{b}$ | 1/3±0$^{c}$ | 3/14±0/03$^{a}$ |
| $T_2$ | 1/15±0/15$^{d}$ | 1±0$^{e}$ | 0±0$^{f}$ |
| $T_3$ | 1±0$^{e}$ | 0±0$^{f}$ | 0±0$^{f}$ |
| $T_4$ | 1/15±0/15$^{d}$ | 0±0$^{f}$ | 0±0$^{f}$ |

*Different letters indicate a significant difference at the 0.05 level and checking the interaction between samples and storage time.
*The results are reported as the mean of three replicates ± standard deviation.
($T_2$): brine containing %1 Electrolysis Water; ($T_3$): brine containing %5 Electrolysis Water; ($T_4$): brine containing %10 Electrolysis Water.

**۳-۳- رنگ سنجی**

رنگ ماده غذایی به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای ظاهری در درک کیفیت محصول نزد مصرف‌کننده است. با توجه به آنالیز واریانس همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد، بررسی اثر متقابل زمان و غلظت‌های مختلف آب الکترولیز بین نمونه کنترل و سایر نمونه‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف آب الکترولیز در مدت زمان ٦٠ روز نگهداری بر تغییرات میزان شاخص رنگی $L^*$ ، تفاوت معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵) بررسی اثر متقابل زمان و غلظت‌های مختلف آب الکترولیز نشان داد که میزان روشنایی در مدت زمان ٦٠ روز در نمونه‌های تیمار شده کاهش یافته اما در نمونه کنترل مربوط به روز ۳۰ ابتدا کاهش و سپس افزایش یافته است. به طور کلی مشاهده می‌شود رنگ نمونه‌ها طی دوره نگهداری تیره‌تر شده است که می‌تواند به دلیل آبگیری پروتئین‌ها طی دوره نگهداری و در نتیجه کم شدن آب آزاد در نمونه‌ها و کاهش پراکندگی نور باشد [۳۳].

خسروشاهی و همکاران (۲۰۰٤)، نیز گزارش کردند میزان روشنایی پنیر سفید ایرانی طی دوره نگهداری کاهش می‌یابد[۳٤]. پراکندگی نور در هر سیستمی به یکنواختی مولکول‌های آن سیستم و سطوح زیرساختاری بستگی دارد. در محصولات جامدی نظیر پنیر، نور از لایه‌های سطحی عبور کرده و بخش اعظم آن توسط گلبول‌های چربی و همچنین حفره‌های پنیر پخش می‌شود. در نتیجه میزان

17-*Escherichia coli*

روشنایی کاهش می‌یابد[۳۵]. پارامتر $a^*$ نشان دهنده تغییر رنگ از سبز به قرمز است. همانطور که در نمودار شکل۲ مشاهده می‌گردد، بررسی اثر متقابل زمان و غلظت‌های مختلف آب الکترولیز در مدت زمان ۶۰ روز نگهداری بر تغییرات میزان شاخص رنگی $a^*$ ، تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (P>۰/۰۵). در بررسی‌های روزاریوپرز و همکاران(۲۰۲۳)، تاثیر آب الکترولیز شده خنثی بر روی سینه‌ی مرغ را مورد مطالعه قرار دادند، نتایج نشان داد که تیمار با آب الکترولیز شده خنثی (NEW و NaClO) باعث کاهش این مقدار می‌شود. و تغییر معنی‌داری مشاهده نگردید که مطابق با نتایج به دست آمده در این تحقیق بود[۱۹]. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌گردد، بررسی اثر متقابل زمان و غلظت‌های مختلف آب الکترولیز در مدت زمان ۶۰ روز نگهداری بر تغییرات میزان شاخص رنگی $b^*$، تفاوت معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵). نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از نتایج لیائو و همکاران (۲۰۲۲)، در بررسی اثر آب فعال شده با پلاسما (PAW[18]) و آب الکترولیز شده کمی اسیدی به عنوان محیط ذوب گوشت گاو برای افزایش ایمنی میکروبیولوژیکی مطابقت داشت و دریافتند که تاثیر آب الکترولیز شده اسیدی ضعیف بر شاخص رنگی $b^*$ معنی‌دار است [۲۲].

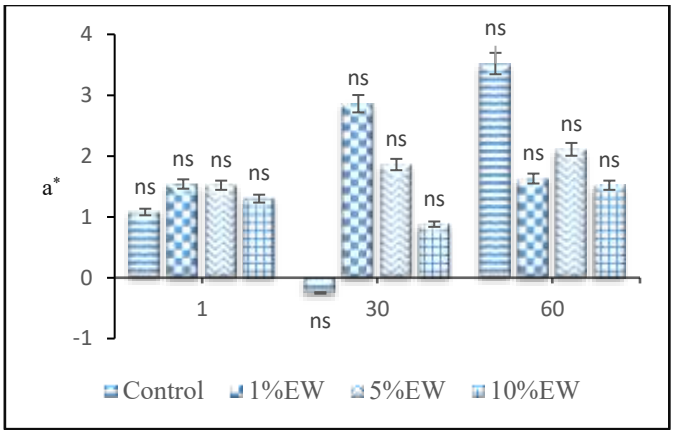


**Fig1:** The interaction effect of treatments and time on color component a* in Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water
*ns indicates a non-significant difference at the 0.05 level.
*The results are reported as the mean of three replicates ± standard deviation

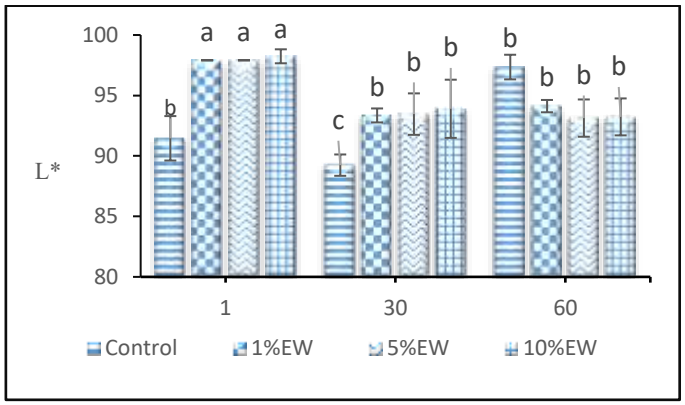


**Fig2:** The interaction effect of treatments and time on the color component L* in Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water
*Different letters indicate a significant difference at the 0.05 level and checking the interaction between samples and storage time.

18- Plasma-activated water

*The results are reported as the mean of three replicates ± standard deviation.

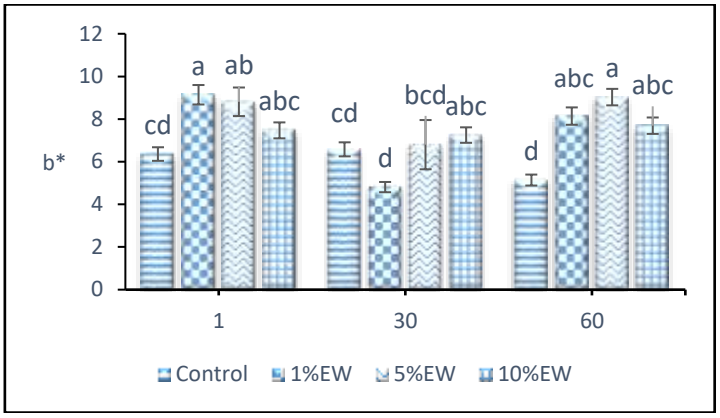


**Fig3:** The interaction effect of treatments and time on color component b* in Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water

*Different letters indicate a significant difference at the 0.05 level and checking the interaction between samples and storage time.

*The results are reported as the mean of three replicates ± standard deviation.

**۳-٤-آنالیز بافت**

از آنجایی که بافت پنیر در پذیرش محصول توسط مصرف کننده بسیار تاثیرگذار است، ویژگی مهمی از نظر کیفیت به شمار می‌رود. به همین منظور فاکتورهای سختی (Hardness)، پیوستگی (Cohesiveness)، فنریت (Springiness)، حالت صمغی (Gumminess) و قابلیت جویدن (Chewiness) در روز های ۱ و ۳۰ مورد ارزیابی قرار گرفتند و با یکدیگر مقایسه شدند.

فاکتور سختی نشانگر حداکثر نیروی مورد نیاز برای فشرده کردن ۵۰ درصد از ارتفاع نمونه در فشار اول است. مطابق نتایج جدول ۱۱ بین نمونه کنترل و سایر نمونه‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف آب الکترولیز، بالاترین میزان سختی نمونه کنترل مربوط به روز ۳۰ و کمترین میزان مربوط به روز ۳۰ تیمار ٤ (آب الکترولیز با غلظت ۱۰٪) است. به طورکلی میتوان نتیجه گرفت که سختی پنیر در مدت زمان نگهداری ۳۰ روز روند کاهشی داشته است. همچنین میتوان بیان کرد که کاهش سختی عمدتا می‌تواند به دلیل پروتئولیز باشد[۲۸]. وقتی غلظت نمک در پنیر کاملا کم می‌شود، فعالیت آبی، اسیدیته و تلخی افزایش و سفتی کاهش می‌یابد [۳٦]. سفتی پنیر طی دوره نگهداری در آب نمک به دو عامل اصلی بستگی دارد: کاهش رطوبت طی نگهداری در آب نمک که سفتی را افزایش می‌دهد و پروتئولیز که با شکستن میسل‌های کازئینی سفتی را کاهش می‌دهد. همچنین در خصوص کاهش سفتی پنیر طی دوره رسیدن میتوان این‌گونه بیان کرد که طی رسیدن پنیر و با کاهش pH فسفات کلسیم به صورت محلول در می‌آید و در نتیجه‌ی کاهش میزان کلسیم متصل به میسل‌های کازئین، نیروی دافعه بین میسل‌های کازئین افزایش می‌یابد و منجر به تضعیف پیوندهای ساختاری پنیر می‌شود که این خود می‌تواند دلیلی بر نرم شدن پنیر طی دوره رسیدن باشد[۳۷].

**Table 11**: The interaction effect of treatments and time on the hardness of Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water

| Sample | Storage time (days) | |
|---|---|---|
| | 1 | 30 |
| Control | 0/634±0/0005 | 1/76±0/002 |
| $T_2$ | 1/626±0 | 1/539±0 |
| $T_3$ | 1/214±0/0005 | 0/83±0/03 |

| | | |
|---|---|---|
| $T_4$ | 0/499±0/001 | 0/8±0 |

($T_2$): brine containing %1 Electrolysis Water; ($T_3$): brine containing %5 Electrolysis Water; ($T_4$): brine containing %10 Electrolysis Water.

فنریت نمونه‌ها بیانگر توانایی نمونه در برگشت به حالت اصلی بعد از اعمال نیروی تغییر شکل دهنده است. مطابق جدول ۱۲ نتایج نشان داد که بین نمونه کنترل و سایر نمونه‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف آب الکترولیز، بالاترین میزان فنریت مربوط به تیمار ٤ (آب الکترولیز با غلظت ۱۰٪) روز ۱ و کمترین میزان مربوط به تیمار٤ (آب الکترولیز با غلظت ۱۰٪) روز ۳۰ است. بین نمونه‌های تیمار شده فنریت در روز ۳۰ نسبت به روز ۱ کاهش یافته‌است .

**Table 12**: The interaction effect of treatments and time on Springiness of Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water

| Sample | Storage time (days) | |
|---|---|---|
| | 1 | 30 |
| Control | 1/106±0/003 | 1/112±0/001 |
| $T_2$ | 1/149±0/001 | 1/138±0/002 |
| $T_3$ | 1/153±0 | 1/153±0 |
| $T_4$ | 1/161±0/001 | 1/101±0/01 |

($T_2$): brine containing %1 Electrolysis Water; ($T_3$): brine containing %5 Electrolysis Water; ($T_4$): brine containing %10 Electrolysis Water.

فاکتور دیگر که مورد بررسی قرار گرفت، فاکتور صمغیت است که بیانگر انرژی مورد نیاز برای تجزیه یک غذای نیمه جامد به حالت آماده بلع است. مطابق جدول ۱۳ نتایج نشان داد بین نمونه کنترل و سایر نمونه‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف آب الکترولیز، بالاترین میزان صمغی بودن مربوط به روز ۱ تیمار ۲ ( آب الکترولیز با غلظت ۱٪) و کمترین میزان مربوط به روز اول تیمار کنترل بوده‌است. به طور کلی مشاهده می‌شود که بین نمونه‌های تیمار شده، میزان صمغیت در طی مدت زمان ۳۰روز روند کاهشی داشته‌است.

**Table 13:** The interaction effect of treatments and time on the gumminess of Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water

| Sample | Storage time (days) | |
|---|---|---|
| | 1 | 30 |
| Control | 0/27±0/02 | 0/87±0/01 |
| $T_2$ | 1/23±0 | 1/13±0/02 |
| $T_3$ | 0/778±0 | 0/46±0/04 |
| $T_4$ | 0/305±0/001 | 0/37±0 |

($T_2$): brine containing %1 Electrolysis Water; ($T_3$): brine containing %5 Electrolysis Water; ($T_4$): brine containing %10 Electrolysis Water.

فاکتور دیگر که مورد بررسی قرار گرفت، فاکتور پیوستگی است که نشانگر توانایی نمونه در تغییر شکل، قبل از شکست است. مطابق جدول ١٤ نتایج نشان داد که بین نمونه کنترل و سایر نمونه‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف آب الکترولیز، بالاترین میزان پیوستگی در تیمار ۲ ( آب الکترولیز با غلظت ۱٪) و کمترین میزان در تیمار کنترل مربوط به روز اول مشاهده گردید. به طور کلی آب الکترولیز شده باعث بهبود روند پیوستگی بافت شده‌است[۲۸].

**Table 14:** Interaction effect of treatments and time on consistency of Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water

| Sample | Storage time (days) | |
|---|---|---|
| | 1 | 30 |
| Control | 0/426±0 | 0/493±0/0005 |
| $T_2$ | 0/76±0/03 | 0/76±0 |
| $T_3$ | 0/641±0/001 | 0/561±0/0005 |
| $T_4$ | 0/613±0 | 0/473±0 |

($T_2$): brine containing %1 Electrolysis Water; ($T_3$): brine containing %5 Electrolysis Water; ($T_4$): brine containing %10 Electrolysis Water.

فاکتور دیگری که مورد بررسی قرار گرفت، فاکتور قابلیت جویدن بوده است که نیروی لازم برای هضم دهانی و جویدن مواد غذایی جامد را نشان می‌دهد. مطابق جدول ۱۵ نتایج نشان داد که بین نمونه کنترل و سایر نمونه‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف آب الکترولیز، بالاترین میزان قابلیت جویدن در تیمار۲ ( آب الکترولیز با غلظت ۱٪) مربوط به روز ۱ و کمترین قابلیت جویدن در تیمار ٤ ( آب الکترولیز با غلظت ۱۰٪) مربوط به روز ۳۰ مشاهده شد. به طور کلی در مقایسه بین نمونه‌های تیمار شده در بازه زمانی۳۰ روز روند کاهشی مشاهده گردید که میتوان احتمال داد که بین سختی و قابلیت جویدن رابطه‌ی مستقیمی وجود دارد و عوامل موثر بر سختی پنیر نیز بر جویدن پنیر تاثیر می‌گذارد[۲۸].

**Table 15:** The interaction effect of treatments and time on the Chewiness of Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water

| Sample | Storage time (days) | |
|---|---|---|
| | 1 | 30 |
| Control | 0/31±0/01 | 0/96±0/02 |
| $T_2$ | 1/36±0/005 | 1/27±0/005 |
| $T_3$ | 0/88±0/005 | 0/52±0 |
| $T_4$ | 0/43±0 | 0/4±0/005 |

($T_2$): brine containing %1 Electrolysis Water; ($T_3$): brine containing %5 Electrolysis Water; ($T_4$): brine containing %10 Electrolysis Water.

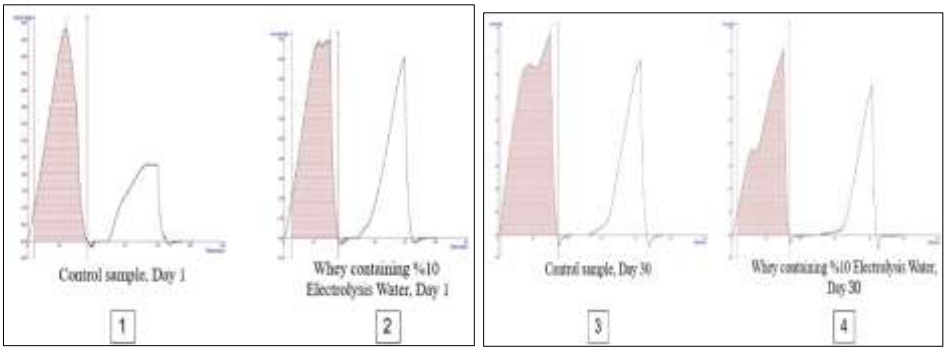


Fig 4,5: Cheese texture profile diagram containing Electrolysis Water

**۳-۵- ارزیابی حسی**

کیفیت حسی پنیر تحت تاثیر تعدادی از عوامل از جمله ژنتیک حیوانات، محیط تولید شیر و تکنولوژی‌های فرآوری و ویژگی‌های شیمیایی و میکروبیولوژیکی مواد خام مورد استفاده قرار می‌گیرد[۳۸]. در این مطالعه، ارزیابی حسی پنیر با پنج شاخص بافت، طعم، بو، رنگ و پذیرش کلی

انجام گرفت. با توجه به نظر پانلیست‌ها، شکل A ،B ،C، D وE به ترتیب بررسی اثر متقابل زمان و غلظت‌های مختلف آب الکترولیز در مورد رنگ، طعم، آروما، بافت و پذیرش کلی را نشان می‌دهد و مشاهده شد که بین تمامی تیمارها در طول ٦٠ روز، اختلاف معنی‌داری از لحاظ رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی مشاهده نشد (P>٠/٠٥). شکل C بررسی اثر متقابل زمان و غلظت‌های مختلف آب الکترولیز در مورد آروما را نشان می‌دهد و مشاهده شد که بین نمونه کنترل و سایر نمونه‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف آب الکترولیز، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<٠/٠٥). بیشترین امتیاز مربوط به تیمار٣ (آب الکترولیز با غلظت٥٪) و کمترین امتیاز مربوط به تیمار٤ (آب الکترولیز با غلظت١٠٪) بوده است. و در تیمار ٤ (آب الکترولیز با غلظت١٠٪) مربوط به روز ٦٠ پنیرمزه‌ی تلخی داشت و در تیمار ٢ (آب الکترولیز با غلظت ١٪) مزه‌ی شوری غالب بود اما بهترین طعم بین نمونه‌های آزمایشی،مربوط به تیمار٣ (آب الکترولیز با غلظت٥٪) بود.

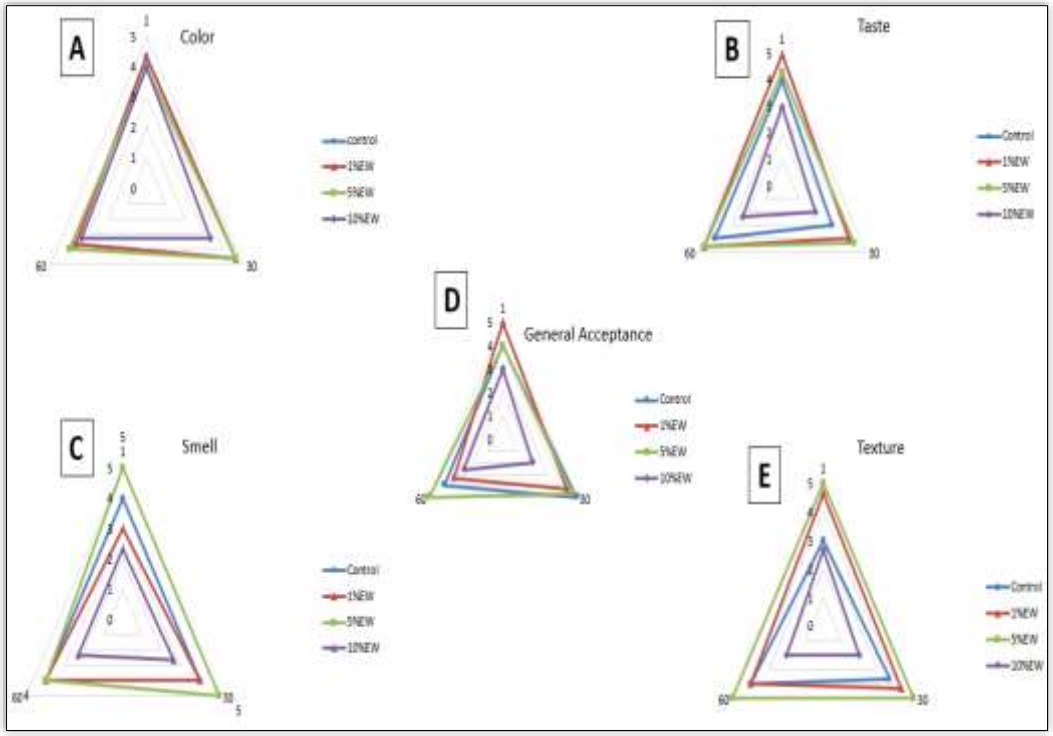


**Fig6:** Variation of sensory scores for Iranian white cheese containing different concentrations of Electrolysis Water: days1-30-60 (Figs. A-E). Data are mean of 9 panelists scores (n=9).

## ٤- نتیجه‌گیری کلی

پنیر سفید ایرانی یکی از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین فرآورده‌های لبنی شیر است و به منظور افزایش ماندگاری آن از آب الکترولیز در سطوح ۱٪ ، ۵٪ و ۱۰٪ استفاده گردید. نتایج حاصل نشان داد که به طور کلی جمعیت *کلیفرم* و قارچ پنیر در نمونه‌های تیمار شده با افزایش دوره نگهداری، کاهش یافت. همچنین در این تحقیق مشخص شد خصوصیات کیفی، حسی و میکروبی پنیری که در آب پنیر حاوی ۵٪ آب الکترولیز نگهداری شده بود، مطلوب تر از تیمارهای دیگر بود و افت کیفیت در پنیرهای تیمار شده مشاهده نگردید. از این رو، تحقیقات بیشتری در این زمینه برای استفاده از آب الکترولیز شده به عنوان روش غیرحرارتی و روشی نوین در فرمولاسیون محصولات لبنی ضروری است.


## تأمین مالی

نویسنده اعلام می‌کند که هیچ بودجه‌ای دریافت نکرده است.


## مشارکت نویسندگان

تمام فعالیت‌ها توسط نویسنده انجام شده است.

## منافع رقابتی

نویسنده تأیید می‌کند که هیچ گونه تضاد منافع مالی یا منافع رقابتی در این مطالعه ندارد.

## ۵- منابع


[۱]Faccia, M., Gambacorta, G., Martemucci, G., Difonzo, G., & D'Alessandro, A. G. (2019). Chemical-sensory traits of fresh cheese made by enzymatic coagulation of donkey milk. Foods, 9(1), 16.

[۲]Lajnaf, R., Feki, S., Ameur, S. B., Attia, H., Kammoun, T., Ayadi, M. A., & Masmoudi, H. (2023). Recent advances in selective allergies to mammalian milk proteins not associated with Cow's Milk Proteins Allergy. Food and Chemical Toxicology, 113929.

[۳]Feeney, E. L., Lamichhane, P., & Sheehan, J. J. (2021). The cheese matrix: understanding the impact of cheese structure on aspects of cardiovascular health–a food science and a human nutrition perspective. International Journal of Dairy Technology, 74(4), 656-670.

[٤]Ali, A. M. M., Sant'Ana, A. S., & Bavisetty, S. C. B. (2022). Sustainable preservation of cheese: Advanced technologies, physicochemical properties and sensory attributes. Trends in Food Science & Technology, 129, 306-326.

[٥]Hricova, D., Stephan, R., & Zweifel, C. (2008). Electrolyzed water and its application in the food industry. Journal of Food Protection, 71(9), 1934-1947.

[٦]Morita, C., Sano, K., Morimatsu, S., Kiura, H., Goto, T., Kohno, T., ... & Katsuoka, Y. (2000). Disinfection potential of electrolyzed solutions containing sodium chloride at low concentrations. Journal of Virological Methods, 85(1-2), 163-174.

[٧]Issa-Zacharia, A. (2024). Application of Slightly Acidic Electrolyzed Water as a Potential Sanitizer in the Food Industry. Journal of Food Quality, 2024(1), 5559753.

[٨]Zhao, L., Li, S., & Yang, H. (2021). Recent advances on research of electrolyzed water and its applications. Current Opinion in Food Science, 41, 180-188.

[٩]Institute of Standards and Industrial Research of Iran. no: 8248, Counting of microorganisms by total counting at 30 °C. Karaj: ISIRI;1384

[١٠]National Iranian Standard, 10154, (2007). Milk and its products - counting units forming colonies of mildew or yeast colony count in a plate at 25 ° C. Institute of Standards and Industrial Research of Iran

[١١]Institute of Standards and Industrial Research of Iran, (2007), Milk products – Enumeration of presumptive Lactobacillus acidophilus on a selective medium – Colonycount technique at 37°C. ISIRI 9616.

[١٢]National Iranian Standard, 2 and 1-5486. Milk and its products - Total counting of forms Part I - National Standard of Iran, 6806-3. Column counting method at 30 ° C (without reinforcement). Institute of Standards and Industrial Research of Iran.

[١٣] ISIRI. 2006. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Milk and dairy products: Determination of fat acidity and pH. ISIRI number 2852.

[١٤]Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI)., 1977, of measuring the amount of salt methods. Iranian National Standardization Organization (INSO). Standard No. 1809.

[١٥]ISIRI. 2002. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Cheese and processed cheese-determination of total solids (Reference method). ISIRI number 1753.

[١٦]ISIRI. 1968. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Determination of cheese and processed cheese fat content (Reference method). ISIRI number 760.

[١٧]ISIRI. 2015. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Milk and dairy products: Determination of nitrogen contentPart 1: calculation of crude protein using Kjeldahl method. ISIRI number 9188-1.

[١٨]Izadi,Z,. Nasirpour,A,. Grossi, Gh. A. (2012). Studying the distribution of phytosterols and color changes in yogurt enriched with phytosterols by gas chromatography and Photoshop software. Iran Food Science and Industry Research Journal, 8.(٣)

[١٩]Rosario-Pérez, P. J., Rodríguez-Sollano, H. E., Ramírez-Orejel, J. C., Severiano-Pérez, P., & Cano-Buendía, J. A. (2023). Neutral Electrolyzed Water in Chicken Breast—A Preservative Option in Poultry Industry. Foods, 12(10), 1970.

[٢٠]Cankurt, H. (2019). The effects of adding different stabilizers in brine on the physicochemical, sensory, microbiological and textural properties of white cheese. Foods, 8(4), 133.

[٢١]Mexicano, L., Medina, T., Mexicano, A., & Carmona, J. C. (2024). Electrolyzed Oxidizing Water in Controlling Pseudomonas syringae pv. tomato in Tomato Crops. Agronomy, 14(3), 597.

[٢٢]Liao, Xinyu, et al. "Plasma-activated water (PAW) and slightly acidic electrolyzed water (SAEW) as beef thawing media for enhancing microbiological safety." Lwt 117 (2020): 108649.

[٢٣]Hao, J., Zhang, J., Zheng, X., & Zhao, D. (2022). Bactericidal efficacy of slightly acidic electrolyzed water (SAEW) against Listeria monocytogenes planktonic cells and biofilm on food-contact surfaces. Food Quality and Safety, 6, fyab038.

[٢٤]Cui, X., Shang, Y., Shi, Z., Xin, H., & Cao, W. (2009). Physicochemical properties and bactericidal efficiency of neutral and acidic electrolyzed water under different storage conditions. Journal of Food Engineering, 91(4), 582-586 .

[٢٥]Akan, E., Yerlikaya, O., & Kinik, O. (2017). Importance of salt in dairy products and sodium reduction strategies in food and dairy products. Agro Food Industry Hi-Tech, 28(2), 60-62

[۲۶]Cao, W., Zhu, Z. W., Shi, Z. X., Wang, C. Y., & Li, B. M. (2009). Efficiency of slightly acidic electrolyzed water for inactivation of Salmonella enteritidis and its contaminated shell eggs. International Journal of Food Microbiology, 130(2), 88-93.

[۲۷]Abadias, M., Usall, J., Oliveira, M., Alegre, I., & Viñas, I. (2008). Efficacy of neutral electrolyzed water (NEW) for reducing microbial contamination on minimally-processed vegetables. International journal of food microbiology, 123(1-2), 151-158.

[۲۸]Esmer, O. K., Balkir, P., Seckin, A. K., & Irkin, R. (2009). The effect of modified atmosphere and vacuum packaging on the physicochemical, microbiological, sensory and textural properties of Crottin de Chavignol cheese. Food Science and Technology Research, 15(4), 367-376.

[۲۹]Tango, C. N., Mansur, A. R., Kim, G. H., & Oh, D. H. (2014). Synergetic effect of combined fumaric acid and slightly acidic electrolysed water on the inactivation of food-borne pathogens and extending the shelf life of fresh beef. Journal of applied Microbiology, 117(6), 1709-1720.

[۳۰]Buck, J. W., Van Iersel, M. W., Oetting, R. D., & Hung, Y. C. (2002). In vitro fungicidal activity of acidic electrolyzed oxidizing water. Plant Disease, 86(3), 278-281.

[۳۱]Lemos, J. G., Stefanello, A., Garcia, M. V., Furian, A. F., Cichoski, A. J., & Copetti, M. V. (2022). Potential of electrolyzed water to inactivate bread and cheese spoilage fungi. Food Research International, 162, 111931.

[۳۲]Sarmadi, M., Gholami Ahangaran, M., and Fathi Hafeshjani, A. (2017). Investigating the effectiveness of electrolyzed water in the disinfection of fertilized eggs in hatchery. Iranian Veterinary Journal (Shahid Chamran University of Ahvaz), 14(1), 48-54. SID https://sid.ir/paper/364917/fa

[۳۳]Sheehan, J. J., Huppertz, T., Hayes, M. G., Kelly, A. L., Beresford, T. P., & Guinee, T. P. (2005). High pressure treatment of reduced-fat Mozzarella cheese: Effects on functional and rheological properties. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 6(1), 73-81.

[۳۴]Khosrowshahi, A., Madadlou, A., zadeh Mousavi, M. E., & Emam-Djomeh, Z. (2006). Monitoring the chemical and textural changes during ripening of Iranian White cheese made with different concentrations of starter. Journal of dairy science, 89(9), 3318-3325.

[۳۵]Rahimi, J., Khosrowshahi, A., Madadlou, A., & Aziznia, S. (2007). Texture of low-fat Iranian white cheese as influenced by gum tragacanth as a fat replacer. Journal of dairy science, 90(9), 4058-4070.

[۳۶]Heydari Moqtadar, H., Ahmadi, I. (2016). Investigating the effect of different levels of NaCl and KCl salts on the mechanical and rheological properties of Iranian white cheese. Food Industry Research, 26(2), 191-205 .

[۳۷]Cooke, D., Khosrowshahi, A., & Mcsweeney, P. (2013). Effect of gum tragacanth on the rheological and functional properties of full-fat and half-fat Cheddar cheese. Dairy Science & Technology, 93(1), 45-62.

[38] Fekadu, B., Soryal, K., Zeng, S., Van Hekken, D., Bah, B., & Villaquiran, M. (2005). Changes in goat milk composition during lactation and their effect on yield and quality of hard and semi-hard cheeses. Small Ruminant Research, 59(1), 55-63.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

# The use of electrolysis water in the salt water used in the production of white cheese to increase shelf life and improve quality properties

Parsa Ghasemi*[1], Javad Hessari*[2]

1- Master's degree student, Department of Food Industry Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz

2- Professor of Food Technology, Department of Food Industry Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz

**ARTICLE INFO**

**Article History:**

Received: 2025/02/02

Review: 2025/11/24

Accepted: 2025/11/25

**Keywords:**

Electrolyzed water,
Iranian white cheese,
Increased Shelf Life,
Microbial Properties

DOI: **10.48311/fsct.2026.83973.0**

*Corresponding Author E-

jhesari@tabrizu.ac.ir

Parsa.ghasemi1401@ms.tabrizu.ac.ir

**ABSTRACT**

In this study, the effect of Electrolyzed water as a disinfection method in the production of Iranian white cheese was investigated. Electrolyzed water at concentrations of 1%, 5%, and 10% was added to the brine, and sampling was performed on days 1, 30, and 60. Physicochemical, textural, microbiological, and sensory characteristics were evaluated. The results indicated that there was no significant difference in pH among the samples; however, titratable acidity increased significantly with increasing concentrations of electrolyzed water. In the 5% treatment, acidity increased from 0.12 to 0.16. During storage, salt content decreased significantly, while dry matter content showed a significant increase. Significant changes were observed in the L* and b* color indices, with a reduction in lightness, whereas the redness index (a*) showed no significant variation. Total microbial counts and mold growth were reduced in all samples containing electrolyzed water, with the 1% treatment showing the greatest inhibitory effect. The growth of lactic acid bacteria increased in the 1% and 10% treatments, while it decreased in the control. Yeast counts increased over the storage period but decreased with higher concentrations of electrolyzed water. Coliform growth was completely inhibited in the 5% and 10% treatments. From a textural perspective, hardness was higher in the control, while gumminess was greater in the 1% treatment. Sensory evaluation revealed that the 5% treatment achieved the highest overall acceptance score. These findings suggest that electrolyzed water can serve as an effective approach for improving the microbial, textural, and sensory quality of Iranian white cheese.