



Semnan University



Research Article

Enrichment and optimization of quality characteristics of *Doogh* (persian yoghurt drink) containing whey protein concentrate, *Spirulina platensis* algae and *Nasturtium Officinale* powder

Mohammad Hossein Khalili Samani¹, Azadeh Salimi^{2*} , Mahnoosh Parsaeimehr² , Sara Mehdizadeh Mood² .

Abstract

Doogh is a valuable dairy beverage, but during its storage there are some challenges such as phase separation, sedimentation, pH drops and shelf-life reduction, so nowadays many investigations are focused on reducing undesirable quality changes, enrichment and increasing its shelf life. This study aimed to evaluate the effects of *Nasturtium officinale*, *Spirulina platensis* algae, and whey protein concentrate on Doogh quality. In this regard, 18 Doogh samples were produced with *Spirulina platensis* (0, 0.4, and 0.8% w/w), whey protein concentrate (0, 2, and 4% w/w), and *Nasturtium officinale* powder (0, 0.2, and 0.04% w/w) and stored for 21 days. Results showed that whey protein concentrate and *Spirulina platensis* significantly increased pH and viscosity ($p < 0.05$). The highest pH was 4.4 and the highest viscosity was 4.9 cp at the concentrations of 4% whey protein concentrate and 0.8% *Spirulina platensis*. Whey protein concentrate up to 3% improved the phase stability of Doogh, while at higher amounts, due to increased solid content, phase stability decreased significantly ($p < 0.05$). Based on the final optimization, the sample containing 1.95% whey protein concentrate, 0.32% *Spirulina platensis*, and 0.02% *Nasturtium officinale* powder was identified as the best sample.

Keywords: Doogh, shelflife, *Nasturtium Officinale*, *Spirulina platensis*, whey protein concentrate.

1. Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran.

2. Department of Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran.

*Corresponding author: a.salimi@semnan.ac.ir

DOI: [10.22075/jvml.2026.38862.1185](https://doi.org/10.22075/jvml.2026.38862.1185)

Received: 29.08.2025

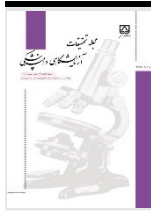
Revised: 02.03.2026

Accepted: 11.04.2026

How to Cite this Article:

Khalili Samani, M. H. , Salimi, A. , Parsaeimehr, M. and Mehdizadeh Mood, S. (2026). Enrichment and optimization of quality characteristics of Doogh (persian yoghurt drink) containing whey protein concentrate, *Spirulina platensis* algae and *Nasturtium Officinale* powder. *Journal of Veterinary Laboratory Research*, 18(1), 105-116. doi: [10.22075/jvml.2026.38862.1185](https://doi.org/10.22075/jvml.2026.38862.1185)





غنی سازی و بهینه سازی ویژگی های کیفی دوغ حاوی کنسانتره پروتئین آب پنیر، جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (*Spirulina platensis*) و پودر بولاغ اوتی (*Nasturtium officinale*)

محمدحسین خلیلی سامانی^۱، آزاده سلیمی^{۲*}، مهنوش پارسایی مهر^۲، سارا مهدی زاده مود^۲

خلاصه

دوغ نوشیدنی لبنی ارزشمندی است اما در طی نگهداری با چالش هایی مانند دوفاز شدن و ته نشینی، کاهش pH و افت ماندگاری روبرو است، لذا تحقیقات گسترده ای در راستای افزایش مدت نگهداری و کاهش تغییرات کیفی و همچنین غنی سازی این محصول صورت گرفته است. هدف از این پژوهش نیز، بررسی اثرات افزودن گیاه بولاغ اوتی، جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر همین ویژگی های کیفی دوغ بود. در این راستا، ۱۸ نمونه دوغ شامل جلبک اسپیرولینا (۰ و ۰/۴ و ۰/۸٪ وزنی/وزنی)، کنسانتره پروتئین آب پنیر (۰ و ۲ و ۴٪ وزنی/وزنی) و پودر بولاغ اوتی (۰ و ۰/۰۲ و ۰/۰۴٪ وزنی/وزنی) تولید و به مدت ۲۱ روز نگهداری شدند. نتایج نشان دادند کنسانتره پروتئین آب پنیر و جلبک اسپیرولینا موجب افزایش معنی دار pH و ویسکوزیته شدند ($p < 0/05$). بالاترین pH برابر با ۴/۴ و بالاترین ویسکوزیته برابر با ۹/۴ cp در غلظت های (۴٪ کنسانتره پروتئین آب پنیر ۰/۸٪ اسپیرولینا) مشاهده شدند. کنسانتره پروتئین آب پنیر تا ۳٪ موجب افزایش پایداری فازی دوغ شد و در مقادیر بیشتر، به علت افزایش ماده خشک دوغ، پایداری فازی بطور معنی داری کاهش یافت ($p < 0/05$). بر اساس بهینه سازی نهایی، نمونه حاوی ۱/۹۵٪ کنسانتره پروتئین آب پنیر، ۰/۳۲٪ جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و ۰/۰۲٪ پودر بولاغ اوتی به عنوان برترین نمونه معرفی گردید.

واژه های کلیدی: دوغ، ماندگاری، بولاغ اوتی، جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، کنسانتره پروتئین آب پنیر.

۱. دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۲. گروه بهداشت، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

*نویسنده مسئول: a.salimi@semnan.ac.ir

DOI: [10.22075/jvlr.2026.38862.1185](https://doi.org/10.22075/jvlr.2026.38862.1185)

دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۷

بازنگری: ۱۴۰۴/۱۲/۱۱

پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۲۲

مقدمه

دوغ یکی از محبوب‌ترین نوشیدنی‌های لبنی تخمیری در ایران و برخی از کشورهای اروپای شرقی و خاورمیانه است. این نوشیدنی به شیوه‌های مختلفی تولید می‌گردد. یکی از روش‌های رایج تولید آن به صورت سنتی، تخمیر بخش مایع باقی‌مانده از تولید کره در مشک‌ها بوده است اما امروزه و به صورت صنعتی، معمولاً از ترکیب ماست، آب، نمک و گیاهان معطر تهیه می‌شود. با افزایش آگاهی جامعه نسبت به تغذیه سالم و پرهیز از نوشیدنی‌های شیرین‌گازدار دوغ به دلیل خواص تغذیه‌ای از جمله محتوای بالای کلسیم، پتاسیم و ویتامین B12 توجه بیشتری جلب کرده است (Conway et al., 2014).

یکی از مشکلات رایج در نگهداری دوغ، دوفاز شدن آن در طول مدت نگهداری است. این مشکل به دلیل تأثیر pH پایین و شرایط اسیدی بر پروتئین‌های کازئین ایجاد می‌شود. پروتئین‌های کازئین در نقطه‌ی ایزوالکتریک رسوب می‌کنند و باعث دوفاز شدن دوغ می‌شوند که این امر باعث ایجاد یک ظاهر نامطلوب در محصول می‌شود. یکی از راه‌حل‌ها برای پیشگیری از دوفاز شدن دوغ، افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته (فاز آبی) با استفاده از مواد مختلف مانند انواع ترکیبات پروتئینی و کربوهیدراتی می‌باشد. آب‌پنیر یکی از ترکیباتی است که در این راستا می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این ماده در اصل فاز محلول شیر بوده و از فرایند تولید پنیر و کازئین به دست می‌آید (Salam et al., 2009). پروتئین‌های اساسی در آب‌پنیر شامل بتالاکتوگلوبولین، آلفالاکتوآلبومین، سرم آلبومین و ایمونوگلوبولین هستند. این پروتئین‌ها حساس به حرارت بوده و فرایند حرارتی طولانی و شدید می‌تواند پایداری آن‌ها را کاهش دهد (Gangurde et al., 2011). از کنسانتره پروتئین آب‌پنیر با اهداف مختلف از جمله غنی‌سازی، تقویت بافت، کاهش آب‌اندازی، جایگزین چربی، بهبود ماندگاری و کمک به زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک در محصولات لبنی استفاده می‌شود (Puvanenthiran et al., 2002).

بولاغ اوتی یا اصطلاحاً آب‌تره، گیاهی از تیره چلیپاییان و سرشار از مواد مدنی مانند آهن و اسید فولیک است. این گیاه علاوه بر طعم تند منحصر به فردش، در طب سنتی برای درمان بیماری‌هایی مانند دیابت، رماتیسم، عفونت‌ها و برخی سرطان‌ها به کار می‌رود. ترکیبات گوگردی، خواص

آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی آن موجب شده تا به عنوان یک افزودنی طبیعی در صنایع غذایی و دارویی مورد توجه قرار گیرد (Carocho and Ferreira., 2013).

اسپیرو لینا پلاتنسیس یک جلبک میکروسکوپی مارپیچی شکل از خانواده سیانوباکترها است که به دلیل پروتئین بالا، اسیدهای آمینه ضروری و ترکیبات زیست فعال چون فیکوسیانین، از ارزش غذایی بسیار بالایی برخوردار است (Romano et al., 2000). این جلبک علاوه بر خواص ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی، حاوی ویتامین‌ها و مواد معدنی فراوان بوده و توسط ناسا به عنوان یک غذای کامل برای فضانوردان معرفی شده است و امروزه به عنوان یک افزودنی ارزشمند برای غنی‌سازی و تولید غذاهای فراسودمند بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Bhanu Prakash Goud, et al., 2024).

روش سطح پاسخ مجموعه‌ای از روش‌های ریاضی و آماری است که برای مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل مسائلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مسائل معمولاً شامل چندین متغیر مختلف هستند و هدف نهایی از این روش، یافتن بهترین مجموعه از مقادیر متغیرها (سطوح عامل) برای دستیابی به ویژگی‌های خاص و مورد نظر است. برای دستیابی به این اهداف، طرح‌های متعددی در روش سطح پاسخ به کار می‌رود. از جمله معروف‌ترین طرح‌ها می‌توان به طرح باکس - بنکن و مرکب مرکزی اشاره کرد. این طرح‌ها، به ویژه زمانی که تعداد متغیرها زیاد باشد، مورد ترجیح قرار می‌گیرند و اقتصادی‌تر می‌باشند. در عمل، انجام این روش به مراحل مختلفی نیاز دارد. در این راستا، ابتدا محدوده‌های آزمایشی مشخص شده و سپس یک طرح مناسب انتخاب می‌گردد. سپس با اجرای آزمایش‌ها و به دست آوردن پاسخ‌ها بر اساس این چیدمان، با استفاده از روش‌های ریاضی و آماری و تعیین وزن و اهمیت هر پاسخ، بهینه‌سازی نهایی صورت می‌گیرد (Khuri and Mukhopadhyay, 2010).

هدف از این پژوهش، غنی‌سازی و افزایش ارزش غذایی دوغ از طریق افزودن کنسانتره پروتئین آب‌پنیر، جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و گیاه بولاغ اوتی و همچنین بهینه‌سازی فرایند تولید آن در راستای رسیدن به بهترین ویژگی‌های کیفی و افزایش ماندگاری بود.

مواد و روش کار

پودر کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر ۸۰٪ پروتئین شرکت هیلمار آمریکا، شیر کم‌چرب محصول شرکت پگاه ایران، جلبک

BC	-	-	-	-	-	-	-	-	-
درجه دو									
A ²	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۰۰۰۵
B ²	-	-	-	-	-	-	-	-	۲۱/۰۰
C ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-۱۵/۷۵
R ²	۰/۹۱۲۲			۰/۸۳۶۲			۰/۷۵۹۰		

معنی داری در میزان pH نمونه‌ها حاصل نشد. این مورد بیانگر تأثیر معنی‌دار میزان غلظت کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و بی‌تأثیر بودن میزان غلظت پودر بولاغ‌اوتی بود. بررسی اثر غلظت دو متغیر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و پودر بولاغ‌اوتی نشان داد که کمترین محتوای pH نمونه‌ها در غلظت صفر اسپیرولینا پلاتنسیس و غلظت صفر پودر بولاغ‌اوتی حاصل شد. با افزایش غلظت اسپیرولینا پلاتنسیس، محتوای pH نمونه‌ها نیز افزایش یافت. به‌طوری که در غلظت ۰/۸٪ اسپیرولینا پلاتنسیس و ۰٪ پودر بولاغ‌اوتی، بالاترین مقدار pH را نشان داد. با حفظ غلظت اسپیرولینا پلاتنسیس در صفر درصد و تغییر غلظت پودر بولاغ‌اوتی، تغییرات معنی‌داری در میزان pH نمونه‌ها حاصل نشد. این مورد بیانگر تأثیر معنی‌دار میزان غلظت اسپیرولینا پلاتنسیس و بی‌تأثیر بودن میزان غلظت پودر بولاغ‌اوتی بود. روند تغییرات pH تحت تأثیر متغیرهای مستقل، در شکل ۱ مشخص شده است.

بر اساس نتایج بدست آمده، متغیرهای کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و جلبک اسپیرولینا تأثیر معناداری بر روی pH داشتند ($p < 0.05$). کمترین میزان pH نمونه‌ها مربوط به نمونه شاهد با pH=۳/۸۵ است. با افزایش غلظت کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و جلبک/اسپیرولینا، به‌صورت تکی یا همراه یکدیگر، محتوای pH نمونه‌ها نیز افزایش یافت به‌طوری که حداکثر محتوای pH نمونه‌ها، حدود (pH=۴/۳۹) در حداکثر غلظت کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و جلبک/اسپیرولینا (به ترتیب ۴٪ و ۰/۸٪) مشاهده شد. بررسی اثر غلظت دو متغیر کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و بولاغ‌اوتی نشان داد که کمترین محتوای pH نمونه‌ها در غلظت صفر کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و غلظت صفر پودر بولاغ‌اوتی حاصل شد. با افزایش غلظت کنسانتره پروتئین آب‌پنیر، محتوای pH نمونه‌ها نیز افزایش یافت به‌طوری که در غلظت ۴٪ کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و ۰٪ پودر بولاغ‌اوتی، بالاترین مقدار pH را نشان داد. بررسی دقیق‌تر نمودار نشان داد که با حفظ غلظت کنسانتره پروتئین آب‌پنیر در صفر درصد و تغییر غلظت پودر بولاغ‌اوتی، تغییرات

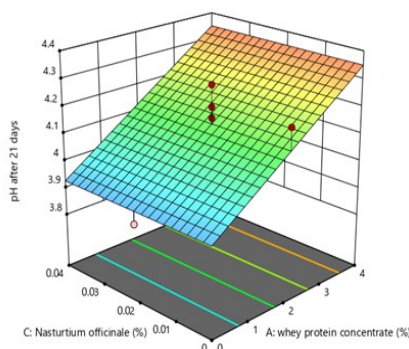
Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

pH after 21 days

● Design points above predicted value
○ Design points below predicted value
3.85 4.39

X1 = A: whey protein concentrate
X2 = C: Nasturtium officinale

Actual Factor
B: Spirulina platensis = 0.4



ب

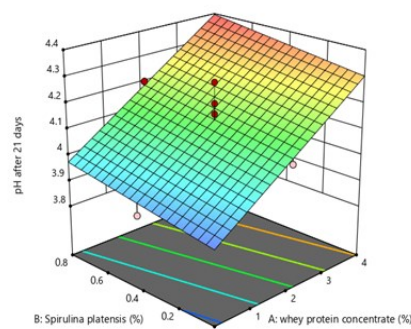
Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

pH after 21 days

● Design points above predicted value
○ Design points below predicted value
3.85 4.39

X1 = A: whey protein concentrate
X2 = B: Spirulina platensis

Actual Factor
C: Nasturtium officinale = 0.02



الف

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

pH after 21 days

● Design points above predicted value

○ Design points below predicted value

3.85 4.39

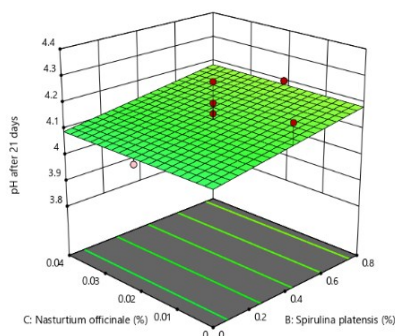
X1 = B: Spirulina platensis

X2 = C: Nasturtium officinale

Actual Factor

A: whey protein concentrate = 2

ج



شکل ۱- نمودارهای سه‌بعدی بررسی اثر متقابل درصد کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (الف)، کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و بولاغ‌اوتی (ب) و جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و بولاغ‌اوتی (ج) بر pH نمونه‌ها

ویسکوزیته در غلظت صفر کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و بولاغ‌اوتی دیده شد. با افزایش درصد کنسانتره پروتئین آب‌پنیر، محتوای ویسکوزیته نمونه‌ها افزایش یافت. با ثابت گرفتن مقدار کنسانتره پروتئین آب‌پنیر (صفر درصد) و افزایش درصد پودر بولاغ‌اوتی، افزایش جزئی در ویسکوزیته مشاهده شد که نشانگر تأثیر اندک پودر بولاغ‌اوتی بر آن بود. نهایتاً بررسی اثر غلظت دو متغیر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و بولاغ‌اوتی نشان داد کمترین میزان محتوای ویسکوزیته در غلظت صفر/اسپیرولینا و بولاغ‌اوتی دیده شد. با افزایش غلظت بولاغ‌اوتی و جلبک اسپیرولینا، به‌صورت تکی یا همراه یکدیگر، محتوای ویسکوزیته نمونه‌ها نیز به مقدار جزئی افزایش یافت. نتایج و روند این تغییرات در شکل ۲ مشخص شده‌اند.

بررسی ویسکوزیته نمونه‌ها نشان داد درصد کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و درصد جلبک/اسپیرولینا بر روی ویسکوزیته تأثیر معنی‌داری داشتند ($p < 0.05$). کمترین میزان محتوای ویسکوزیته در غلظت صفر درصد کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و غلظت صفر درصد جلبک/اسپیرولینا دیده شد. با افزایش غلظت کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و جلبک/اسپیرولینا، به‌صورت تکی یا همراه یکدیگر، محتوای ویسکوزیته نمونه‌ها نیز افزایش یافت (تأثیر کنسانتره پروتئین آب‌پنیر نسبت به جلبک/اسپیرولینا بیشتر بود). به‌طوری که حداکثر محتوای ویسکوزیته نمونه‌ها، در حداکثر غلظت کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و جلبک/اسپیرولینا (به ترتیب ۴٪ و ۰/۸٪) مشاهده شد. همچنین بررسی اثر غلظت دو متغیر کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و بولاغ‌اوتی نشان داد که کمترین میزان محتوای

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

Viscosity after 21 days

● Design points above predicted value

○ Design points below predicted value

6.99 10.1

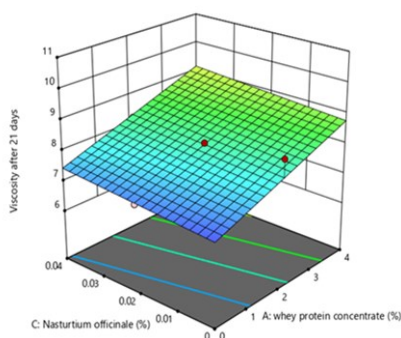
X1 = A: whey protein concentrate

X2 = C: Nasturtium officinale

Actual Factor

B: Spirulina platensis = 0.4

ب



Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

Viscosity after 21 days

● Design points above predicted value

○ Design points below predicted value

6.99 10.1

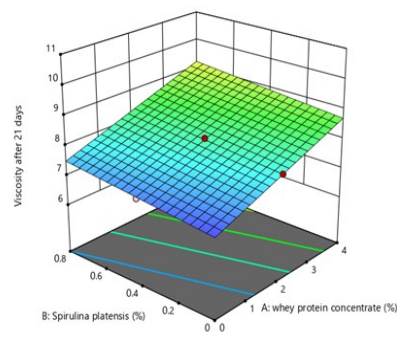
X1 = A: whey protein concentrate

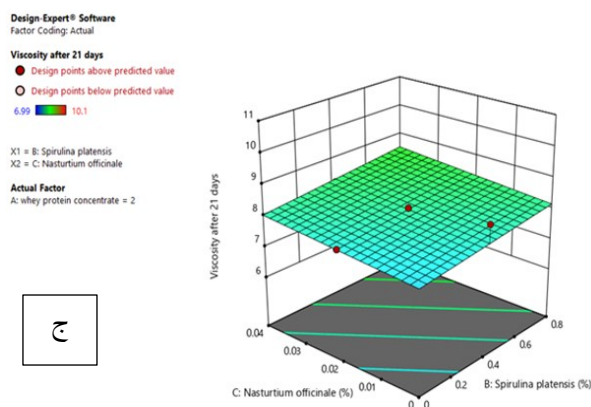
X2 = B: Spirulina platensis

Actual Factor

C: Nasturtium officinale = 0.02

الف

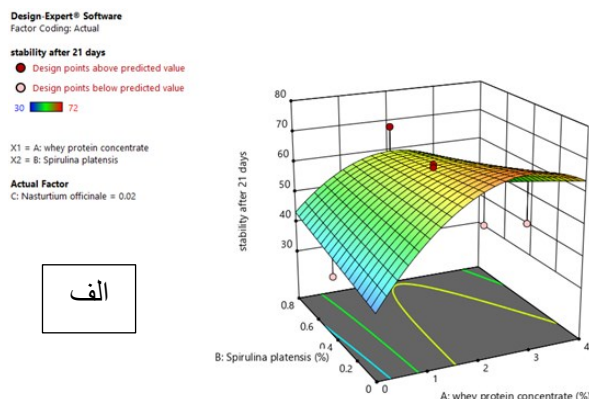
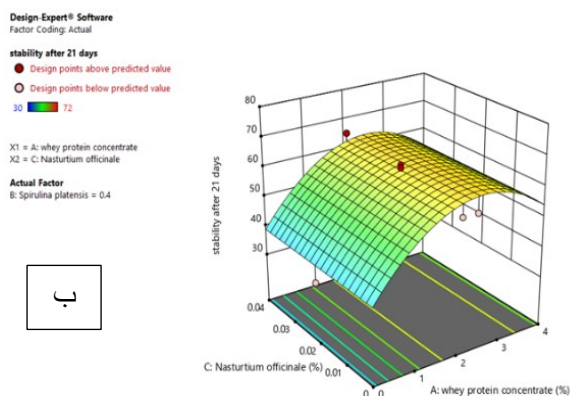


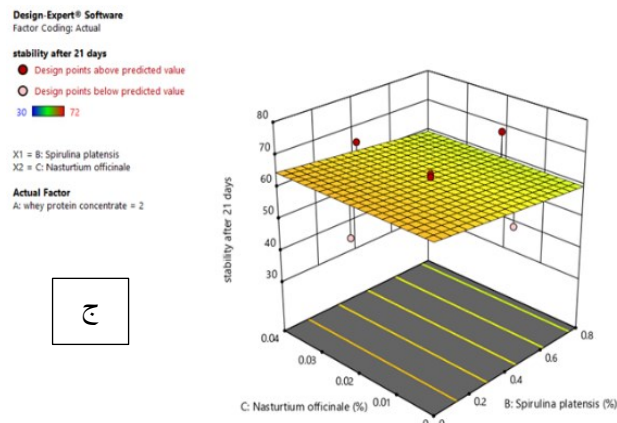


شکل ۲- نمودارهای سه بعدی بررسی اثر متقابل درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر و جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (الف)، کنسانتره پروتئین آب پنیر و بولاغ اوتی (ب) و جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و بولاغ اوتی (ج) بر محتوای ویسکوزیته نمونه‌ها

۴۰٪ بود. با افزایش غلظت کنسانتره پروتئین آب پنیر تا حدود ۲/۵٪، پایداری فازی تا حدود ۶۳٪ افزایش یافت و در غلظت‌های بالاتر از ۲/۵٪ کنسانتره پروتئین آب پنیر، پایداری فازی کاهش یافت؛ درحالی‌که افزایش غلظت پودر بولاغ اوتی تأثیری بر روی پایداری فازی نداشت. همچنین بررسی اثر غلظت دو متغیر/اسپیرولینا و بولاغ اوتی نشان داد که با افزایش غلظت بولاغ اوتی، پایداری فازی بدون تغییر ماند. با حفظ غلظت بولاغ اوتی در صفر درصد و افزایش غلظت اسپیرولینا، تغییرات معنی‌داری در پایداری فازی نمونه‌ها حاصل نشد (کاهش نامحسوس). این موارد بیانگر بی تأثیر بودن میزان غلظت/اسپیرولینا و پودر بولاغ اوتی بر پایداری فازی بود. روند این تغییرات در شکل ۳ مشخص شده است.

از طرفی دیگر، با بررسی پایداری فازی نمونه‌ها مشخص شد متغیر کنسانتره پروتئین آب پنیر، تأثیر معناداری بر روی این ویژگی نمونه‌ها داشت ($p < 0.05$). با افزایش کنسانتره پروتئین آب پنیر تا حدود ۳٪ (در صورت ۰٪ در نظر گرفتن اسپیرولینا) پایداری فازی افزایش و پس از آن کاهش یافت. با ثابت در نظر گرفتن کنسانتره پروتئین آب پنیر در ۰٪ و افزایش/اسپیرولینا تغییر معناداری در پایداری فازی مشاهده نشد و با افزایش آن‌ها به ترتیب تا ۲٪ و ۳٪ و ۰/۴ الی ۰/۶، پایداری فازی افزایش یافت، ولی با ادامه افزایش غلظت، پایداری فازی نمونه‌ها کاهش یافت. بررسی متغیرهای غلظت کنسانتره پروتئین آب پنیر و بولاغ اوتی بر پایداری فازی نمونه‌ها نشان داد که حداقل پایداری فازی در غلظت‌های صفر کنسانتره پروتئین آب پنیر و بولاغ اوتی دیده شد که حدود



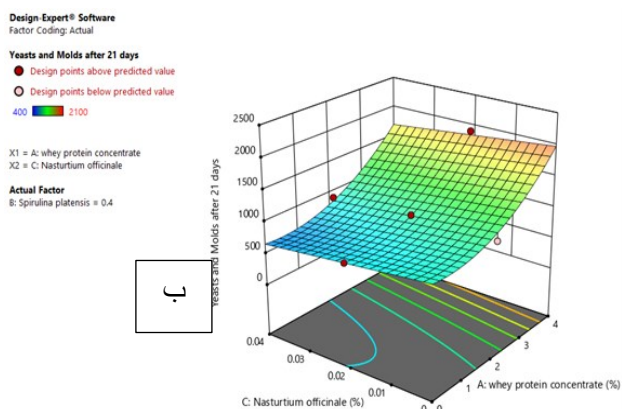


ج

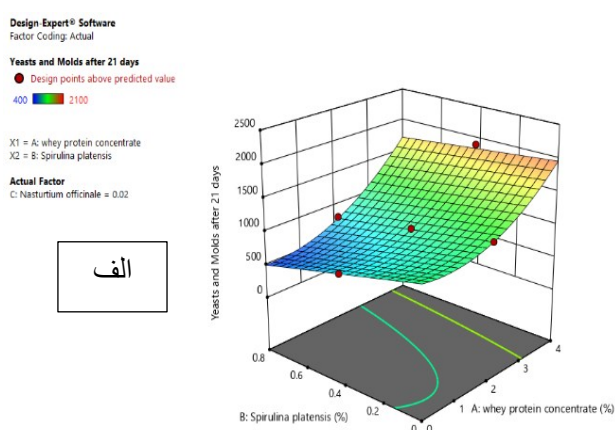
شکل ۳- نمودارهای سه بعدی بررسی اثر متقابل درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر و جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (الف)، کنسانتره پروتئین آب پنیر و بولاغ اوتی (ب) و جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و بولاغ اوتی (ج) بر پایداری فازی نمونه‌ها

در نظر گرفتن درصد بولاغ اوتی و افزایش حداکثری درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر (۴٪) میزان کپک و مخمر به حداکثر مقدار خود ($2 \times 10^3 \frac{cfu}{ml}$) رسیدند. همچنین در غلظت صفر کنسانتره پروتئین آب پنیر، افزایش غلظت بولاغ اوتی از ۰ به ۰/۰۴٪ باعث کاهش میزان کپک و مخمر از حدود $2 \times 10^3 \frac{cfu}{ml}$ به حدود $(1/75 \times 10^3 \frac{cfu}{ml})$ گردید. بررسی اثر غلظت دو متغیر اسپیرولینا و بولاغ اوتی نشان داد که با افزایش درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر و بولاغ اوتی، به صورت جداگانه یا همراه یکدیگر، میزان کپک و مخمر کاهش یافت. روند این تغییرات در شکل ۴ مشخص شده است.

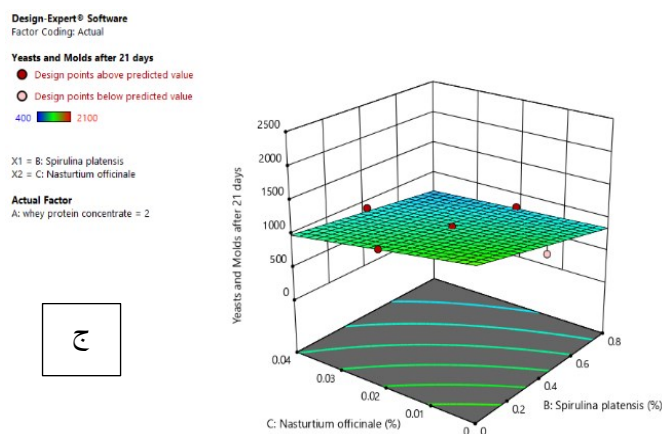
بررسی میکروبی نمونه‌ها نشان داد که با افزایش درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر، میزان کپک و مخمر افزایش یافت؛ به طوری که با صفر درصد در نظر گرفتن درصد اسپیرولینا و افزایش حداکثری درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر (۴٪) میزان کپک و مخمر به حداکثر مقدار خود ($2 \times 10^3 \frac{cfu}{ml}$) رسید. همچنین با دقت در نمودار سه بعدی مشاهده می‌شود که در غلظت صفر کنسانتره پروتئین آب پنیر، افزایش غلظت اسپیرولینا از ۰ به ۰/۸٪ باعث کاهش میزان کپک و مخمر از حدود $2 \times 10^3 \frac{cfu}{ml}$ به حدود $(1/75 \times 10^3 \frac{cfu}{ml})$ گردید. بررسی اثر غلظت دو متغیر کنسانتره پروتئین آب پنیر و بولاغ اوتی نشان داد که، با افزایش درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر، میزان کپک و مخمر افزایش یافت؛ به طوری که با صفر درصد



د



الف



شکل ۴- نمودارهای سه بعدی بررسی اثر متقابل درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر و جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (الف)، کنسانتره پروتئین آب پنیر و بولاغ اوتی (ب) و جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و بولاغ اوتی (ج) بر کپک و مخمر نمونه‌ها

نهایتا پس از آنالیز داده‌ها، با تعریف محدوده مناسب برای هر یک از متغیرهای مستقل در نرم‌افزار دیزاین اکسپرت و تعریف

جدول ۲- مقادیر بهینه روز بیست و یکم، ارائه شده توسط نرم‌افزار پس از فرایند بهینه سازی

کنسانتره پروتئین آب پنیر (% وزنی-وزنی)	اسپیرولینا پلاتنسیس (% وزنی-وزنی)	پودر بولاغ اوتی (% وزنی-وزنی)	pH	ویسکوزیته	پایداری فازی	کپک و مخمر	ارزیابی حسی
1/95	0/32	0/02	4/12	۸	62/5	1014/5	4/07

بحث

می‌توان از ترکیبات مختلف استفاده کرد. Azari و همکاران در سال ۲۰۱۸ در پژوهش خود از کنسانتره پروتئین آب پنیر در دوغ استفاده کردند و در نتایج خود اعلام کردند کنسانتره پروتئین آب پنیر با خاصیت جذب آب یعنی تعامل پروتئین - آب، موجب افزایش ویسکوزیته می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر Eslami Meshkenani و همکاران در سال ۲۰۱۵ از اسپیرولینا پلاتنسیس در دوغ پروبیوتیک استفاده کردند که نتایج آن‌ها نشان داد قابلیت جذب آب بالای اسپیرولینا و کم شدن تحرک آب در نتیجه افزایش ویسکوزیته دوغ را به همراه دارد. یکی از بزرگ‌ترین معایب دوغ که موجب کاهش بازار پسندی این محصول می‌شود، دو فاز شدن آن در طی نگهداری است. بنابراین مطالعات متعددی در زمینه متعادل سازی این مشکل انجام شده است. Osouli zadeh و همکاران در سال ۲۰۲۲ در پژوهش خود از اسانس بولاغ اوتی در دوغ پروبیوتیک استفاده کردند. نتایج آن‌ها بیانگر کاهش دوفاز شدن بود. در

pH دوغ یکی از عوامل مهم در تعیین خواص فیزیکی شیمیایی این محصول می‌باشد. با توجه به این که در طی نگهداری دوغ این پارامتر متغیر است، استفاده از ترکیبات مختلف برای حفظ pH در محدوده استاندارد خود کاربردی است. Eslami و همکاران در سال ۲۰۱۵ در مطالعه خود از جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در دوغ پروبیوتیک استفاده کردند که نتایج نشان داد خاصیت بافری / اسپیرولینا به‌خاطر حضور پروتئین، پپتیدها و آمینواسیدها، موجب کاهش سرعت تغییر pH شد. همچنین در پژوهش باباخانی و همکاران در سال ۱۳۹۷ از جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در سس فراسودمند استفاده شد و نتایج نشان داد خاصیت قلیایی جلبک با pH حدود ۹ موجب افزایش pH در فرآورده شد. این گزارش‌ها با نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش فعلی، همخوانی داشتند. از طرفی، در طی نگهداری دوغ، ویسکوزیته این محصول دستخوش تغییراتی می‌شود که برای مقابله با این مشکل

مطالعه Ehtiati و همکاران در سال ۲۰۱۳، از کنسانتره پروتئین آب‌پنیر در دوغ استفاده شد و نتایج حاصل نشان داد با ایجاد پیوند با آب، به دام انداختن ذرات کلوئیدی در نهایت موجب کاهش سرعت دو فاز شدن دوغ می‌گردد. Ozen و همکاران (2009) از کنسانتره پروتئین آب‌پنیر در دوغ استفاده کردند و مشاهده کردند کنسانتره پروتئین آب‌پنیر تا ۲٪ به دلیل پیوند با آب و محاصره ذرات کلوئیدی موجب افزایش پایداری شد اما در درصدهای بالاتر از ۲٪ به دلیل افزایش ماده خشک، پایداری فازی کاهش یافت. در مطالعه Jalalvand و همکاران در سال ۲۰۲۳ از جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در دوغ پروبیوتیک استفاده شد. نتایج آن‌ها نشان داد در درصدهای پایین جلبک به دلیل تعاملات بین مولکولی پایداری افزایش و در درصدهای بالا به دلیل افزایش ماده خشک، پایداری کاهش یافت.

ویژگی‌های میکروبی دوغ نیز در بحث ایمنی غذایی بسیار حائز اهمیت است. رسولی و همکاران در سال ۱۳۹۶ از جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در بستنی سنتی استفاده کردند و نتایج نشانگر کاهش کپک و مخمر در اثر وجود ترکیبات فنلی و ترپنی بود. همچنین در مطالعه Osouli zadeh و Noubari و همکاران در سال ۲۰۲۲ ترکیبات فنلی و ترپنی موجود در اسانس بولاغ اوتی با خواص آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی خود موجب کاهش کپک و مخمر در ماست پروبیوتیک شدند. ترکیبات فنولی و ترپنی به دلیل تمایل به کلسترول موجود در غشای میکروبی باعث ایجاد حفره و از بین رفتن میکروارگانیسم‌های مضر می‌شوند. در پژوهش Nikan و همکاران در سال ۲۰۱۴ خاصیت ضدقارچی عصاره بولاغ اوتی علیه قارچ *Fusarium Solani* تأیید شد. Bodpa و همکاران در سال ۲۰۱۵ از کنسانتره پروتئین آب‌پنیر در سوسیس امولسیون گوشت گاو میش استفاده کردند که نتایج نشان داد به دلیل بهبود شرایط محیطی و تغذیه‌ای، رشد کپک و مخمر افزایش یافت.

نتیجه گیری

با توجه به اهمیت دوغ به عنوان یک نوشیدنی لبنی ارزشمند، یافتن راه‌هایی برای کنترل تغییرات مناسب از جمله دوفازی، رشد میکروبی و تغییرات pH مورد توجه قرار گرفته‌اند. بر اساس نتایج حاصله در این پژوهش، استفاده از ترکیباتی مانند کنسانتره پروتئین آب‌پنیر که خود محصولی لبنی با ارزش غذایی بالا است، جلبک اسپیرولینا که ترکیبی مغذی و حاوی آنتی‌اکسیدان‌های قوی است و گیاه بولاغ اوتی که به شکل

سنتی برای جلوگیری از بیماری‌ها و رشد میکروبی استفاده می‌گردد، می‌توان مشکلاتی مانند دوفازی، تغییرات اسیدیته و رشد کپک و مخمر را تا حد چشمگیری در دوغ کاهش داد. بر این اساس، افزایش کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و اسپیرولینا موجب افزایش pH و ویسکوزیته گردید و کنسانتره پروتئین آب‌پنیر تا ۳٪ موجب افزایش پایداری فازی شد. از سویی دیگر، میزان کپک و مخمر با افزایش کنسانتره پروتئین آب‌پنیر افزایش و با افزایش اسپیرولینا و بولاغ اوتی کاهش یافت. نهایتاً نمونه حاوی ۱.۹۵٪ کنسانتره پروتئین آب‌پنیر، ۰.۳۲٪ جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و ۰.۰۲٪ پودر بولاغ اوتی بهترین شرایط کیفی را حاصل نمود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کلیه پرسنل دانشکده دامپزشکی و کارشناسان آزمایشگاه مواد غذایی دانشگاه سمنان که ما را در انجام آزمایش‌های این پژوهش یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که این پژوهش هیچ گونه تعارض منافی ندارد.

مشارکت‌های نویسندگان

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای محمدحسین خلیلی سامانی با مشارکت دکتر آزاده سلیمی، دکتر مهنوش پارسایی مهر و دکتر سارا مهدی‌زاده مود بوده است.

منابع مالی

این مقاله توسط دانشگاه سمنان حمایت مالی شده است.

بیانیه اخلاقی

این پژوهش در شرایط کنترل شده و بر اساس رعایت استانداردهای ایمنی و بهداشتی انجام گرفته و هیچ انسان و حیوانی در آن مداخله نداشته و لذا نیازی به اخذ کد اخلاق نبوده است.

References

- Abd El-Salam, M. H., El-Shibiny, S. & Salem, A. (2009). Factors affecting the functional properties of whey protein products: A review. *Food Reviews International*, 25(3), 251-270. DOI:10.1080/87559120902956224
- Abdellatif, f., Boudgella, H., Zitouni, A. & Hassani., A. (2014). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oil From leaves of Algerian Melissa Officinalis. *Excli journal*, 13, 772-781. PMID: 26417300
- Azary, Z. & Nasirpour, A. (2018). Effect of whey protein concentrate, pH and salt on colloidal stability of acid dairy drink (Doogh). *International Journal of Dairy Technology*, 71(1): 198-207.
- Babakhani, Z., Karami, M. & Rezazad Bari, M. (2018). The Use of micro-algae *Spirulina platensis* in formulation of functional fortified low-calorie sauce with iron and zinc. *Journal of food science and technology*, 15 (84), 125-136.
- Bhanu Prakash Goud, B., Gouthami, G., Kaushiki, K. & Venkat Reddy, K. (2024). Development and nutritional analysis of spirulina (*Arthrospira platensis*) based smoothie mix powder. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, 8(2), 1273-1278. DOI:10.33545/26174693.2024.v8.i12p.3405.
- Bodpa, A., & Saghir, A. (2015). Effect of whey protein products on microbiological characteristics of buffalo meat emulsion sausage. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 3(11):260-272.
- Carocho, M. & Ferreira, IC. (2013). A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food and Chemical Toxicology*, 51, 15-25. DOI:10.1016/j.fct.2012.09.021.
- Conway, V., Gauthier, S. F. & Pouliot, Y. (2014). Buttermilk: Much more than a source of milk pHospHolipids, *Animal Frontiers*, 4 (2), 44-51. DOI:10.2527/af.2014-0014.
- Ehtiati, A., Shahidi, F., Mohebbi, M & Yavarmanesh, M. (2013). Evaluation of WPC and EPS Producing Starter Cultures Effect on some Physical Properties of Doogh. *Iranian food science and technology research journal*, 9(4), 295-303 (In Persian). DOI:10.22067/ifstrj.v9i4.30072
- Eslami Meshkenani, A., Fadaei Noghani, V., Khosravi Darani, K. & Mazinani, S. (2015). The effect of powdered *Spirulina platensis* biomass on some physicochemical and sensory properties of probiotic doogh containing powdered mint. *Innovative food technologies*, 2(2), 59-70 (In Persian). DOI:10.22104/jift.2015.87
- Gangurde, H.H., Chordiya, M.A., Patil, P. S. and Baste, N. S. (2011). Whey protein. *Scholars Research Journal*, 2(1), 69-77. DOI:10.4103/2249-5975.99663
- Jalalvand, P., Lavasani, S. & Eyvaz zadeh, O. (2023). The Study Effect of *Spirulina platensis* on Physicochemical, Microbial and Sensory Properties of Probiotic Dough Containing *Lepidium sativum* Seed Gum. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 14 (4), 133-146 (In Persian). DOI:10.30495/jfst.2021.684163
- Khuri, A. I. & Mukhopadhyay, S. (2010). Response surface methodology. *WIREs Computational Statics*, 2 (2), 128-149. DOI:10.1002/wics.73.
- Kiros, E., Seifu, E., Bultosa, G., & Solomon, W. K. (2016). Effect of carrot juice and stabilizer on the pHysicochemical and microbiological properties of yoghurt. *LWT-Food Science and Technology*, 69, 191-196. DOI:10.1016/j.lwt.2016.01.026.
- Koksoy, A. & Kilik, M. (2003). Effects of water and salt level on rheological properties of ayron, a turkish yogurt drink. *International dairy journal*, 13/ 835-839.
- Manafi Dizaj Yekan, M., Manafi Dizaj Yekan, M., Hesari, J., Azadmard-Damirchi, S. & Ravash, N. (2021). Effect of chitosan on the physico- chemical, microbiological and sensory properties of doogh. *Iranian Journal of Food science and technology*, 112 (18), 169-178. (In Persian). DOI:10.52547/fsct.18.112.169
- National Standard of Iran, 2802, first edition 1380, Milk and its products - Determination of acidity and pH - Test method.
- Nikan, j , Khavari , h. (2014). In vitro anti-fungal activity of watercress (*Nasturtium officinale*) extract against *Fusarium solani*, the causal agent of potato dry rot, *Journal of Medicinal Herbs*, 5(1):19-24.
- Osouli Zadeh Noubari, M., Yousefi, S. & Weisani, V. (2022). essential oils on the physicochemical, microbial, rheological and sensory properties of probiotic Doogh. *Journal of food science and technology (Iran)*, 19 (124), 113-126 (In Persian). DOI:10.52547/fsct.19.124.113

- Ozen, A. E. & Kilic, M. (2009). Improvement of physical properties of nonfat fermented milk drink by using whey protein concentrate. *Journal of Texture Studies*, 40(3), 288-299. DOI:10.1111/j.1745-4603.2009.00182.x
- Puvanenthiran, A., Williams, R. P. W. & Augustin, M. A. (2002). Structure and Visco-elastic properties of set yoghurt with altered casein to whey protein ratios. *International Dairy Journal*, 12(4), 383-391. DOI:10.1016/S0958-6946(02)00033-X
- Rasouli, F., Berenji, SH. & Shahab Lavasani, (2017). Optimization of traditional Iranian ice cream formula containing *Spirulina platensis* by response surface methodology. *Food technology & nutrition*, 3 (14), 15-28.
- Romano, I., Bellitti, M. R., Nicolaus, B., Lama, L., Manca, M. C., Pagnotta, E. & Gambacorta, A. (2000). Lipid profile a useful chemotaxonomic marker for classification of a new cyanobacterium in *Spirulina* genus. *Phytochemistry*, 54(3), 289-294. DOI:10.1016/s0031-9422(00)00090-x