



بررسی و مقایسه خصوصیات رنگی و میکروبی آب آلبالوی پاستوریزه شده به روش فراصوت در

شرایط بهینه با پاستوریزاسیون حرارتی

فاطمه نوری صفت^۱، لیلا ناطقی^{۲*}، حامد زارعی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

۳- گروه علوم پایه، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۳

کلمات کلیدی:

آب آلبالو،

فراصوت،

خصوصیات رنگی،

بار میکروبی.

DOI: 10.52547/fsct.19.124.147

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.28.5

* مسئول مکاتبات:

leylanatheghi@iauvaramin.ac.ir

استفاده از روش های حرارتی جهت سترون سازی آب میوه ها ممکن است سبب تخریب رنگ و افت برخی از ترکیبات تغذیه ای آن شود. بنابراین توسعه روش های غیرحرارتی که سبب حفظ حداکثری ترکیبات زیست فعال و تغییرات حداقلی رنگ در آب میوه ها از جمله آب آلبالو شود، ضروری به نظر می رسد. از جمله این تکنیک ها، فراصوت است که روش غیر حرارتی برای فراهم کردن ایمنی میکروبی با حداقل تخریب در میزان آنتوسیانین آب میوه ها می باشد. لذا هدف از این مطالعه بررسی خصوصیات رنگی و بار میکروبی آب آلبالو فرآوری شده با بررسی روش غیر حرارتی فراصوت و تاثیر سه متغیر قدرت فراصوت (۱۰، ۱۰۵ و ۲۰۰ وات)، دمای فراصوت (صفر، ۳۰ و ۶۰ درجه سانتی گراد) و زمان فراصوت (۲، ۶ و ۱۰ دقیقه) و مقایسه آن با پاستوریزاسیون حرارتی (دمای ۹۰ درجه سانتی گراد و زمان ۳۰ ثانیه) بود. بررسی نتایج نشان داد با افزایش قدرت فراصوت از ۱۰ به ۲۰۰ وات، دمای فراصوت از صفر به ۶۰ درجه سانتی گراد و زمان فراصوت از ۲ به ۱۰ دقیقه میزان پارامترهای رنگ a^* ، b^* و L^* و بار میکروبی در آب آلبالو پاستوریزه شده به صورت معنی داری ($p \leq 0.05$) کاهش یافت. بطوریکه در نمونه های آب آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت در شرایط بهینه (قدرت فراصوت ۱۰۹ وات، دمای ۶۰ درجه سانتی گراد و زمان ۹/۵ دقیقه) هیچ میکروارگانیسمی رشد نکرد و اختلاف معنی داری بین میزان بار میکروبی نمونه های مذکور با نمونه پاستوریزه شده به روش حرارتی مشاهده نگردید. همچنین میزان پارامترهای رنگی (a^* و b^* ، L^*) نمونه پاستوریزه شده به روش فراصوت در شرایط بهینه بالاتر بود. با توجه به این نتایج می توان گفت که کاربرد امواج فراصوت در شرایط بهینه در پاستوریزاسیون آب آلبالو علاوه بر کاهش آلودگی میکروبی این محصول غذایی، به طور مؤثری باعث حفظ ترکیبات رنگی نظیر آنتوسیانین ها در آب آلبالو می گردد. بنابراین نمونه مذکور از نظر خواص کیفی مطلوب تر از نمونه پاستوریزه شده در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ ثانیه بود.

۱- مقدمه

صنعت آب میوه در هر کشوری از صنایع اساسی آن کشور در زمینه‌ی صنایع غذایی به شمار می‌رود. آب آلبالو به دلیل داشتن ترکیبات زیست فعال، آلکالوئیدهای آنتی‌بیوتیک و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنولی و آنتوسیانین‌ها در تغذیه انسان اهمیت زیادی دارد. میوه آلبالو به اشکال مختلفی مصرف می‌شود که یکی از فرآورده‌های پرمصرف حاصل از آن، آب آلبالو است [۱]. طی تولید صنعتی آبمیوه‌ها از جمله آب آلبالو، به‌منظور استریلیزاسیون و میکروبزادایی فرآورده به طور رایج از فرآیندهای حرارتی استفاده می‌شود. اعمال فرآیندهای حرارتی می‌تواند سبب تخریب رنگ و افت برخی از ترکیبات تغذیه‌ای آبمیوه‌ها از جمله آنتوسیانین‌ها شود. آنتوسیانین‌ها در آبمیوه‌ها و سایر غذاها به تخریب حرارتی حساس هستند که این تغییرات با افت در ویژگی‌های تغذیه‌ای و حسی (به عنوان مثال قهوه‌ای شدن رنگ) همراه است [۲].

همچنین قهوه‌ای شدن آبمیوه‌ها عموماً ناشی از تخریب آنتوسیانین‌های تکپار^۱ و بسپارش^۲ آنها است. در کنار افت ویژگی‌های تغذیه‌ای، قهوه‌ای شدن آبمیوه شدیداً بر پذیرش مصرف‌کننده و بازاریابی آن تأثیر خواهد گذاشت. فاکتورهای صنعتی که بر پایداری آنتوسیانین‌ها مؤثر هستند شامل دمای فرآیند و نگهداری، ماهیت شیمیایی آنتوسیانین‌ها، pH، محتوای آسکوربیک اسید، هیدروکسید پراکساید، شکر، نور و فلزات می‌باشند [۳].

امروزه با افزایش دانش مصرف‌کنندگان در خصوص بحث سلامت و تغذیه، مصرف‌کنندگان تنها خواهان افزایش ماندگاری فرآورده‌های غذایی نیستند بلکه حفظ کیفیت اولیه محصول فرآوری شده از خواسته‌های مصرف‌کنندگان است. فرآیندهای معمول حرارتی مانند پاستوریزاسیون، خشک کردن، انجماد و سرد کردن اگر چه می‌تواند باعث افزایش ماندگاری محصول شود اما باعث کاهش ارزش تغذیه‌ای خواهند شد [۴]. بنابراین توسعه و استقرار تکنیک‌های غیر حرارتی برای تولید صنعتی که سبب حفظ آنتوسیانین‌ها و کاهش تغییرات در آبمیوه‌ها از جمله آب آلبالو می‌شود ضروری به نظر می‌رسد [۵]. یکی از این فرآیندهای غیر حرارتی نو ظهور، فراصوت یا التراسونیک است [۶]. این روش به عنوان یک فناوری موثر

جهت رسیدن به الزامات FDA در جهت کاهش \log_5 از بار میکروبی اولیه در آب میوه شناخته شده است. از طرفی کاربرد این فناوری موجب کاهش زمان و انرژی مورد نیاز خواهد شد و به عنوان روش دوست‌دار محیط زیست می‌باشد [۷]. مکانیزمی که امواج فراصوت از آن طریق باعث غیر فعال سازی میکرواورگانیزم‌ها می‌شود مربوط به پدیده حفره‌زایی است. حباب‌های گاز تشکیل شده در محیط مایع توسط مکانیزم حفره‌زایی در سرتاسر محیط مایع منتشر می‌شود. این حباب‌ها بزرگتر شده و به فرم ناپایداری درمی‌آیند و سپس شروع به تخریب می‌کنند. انهدام حباب‌ها منجر به تجمع انرژی در نقاط داغ با دمای بیش از ۲۰۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشار حدود ۲۰۰ مگاپاسکال می‌شود. این عوامل قادرند به غشای سیتوپلاسمی آسیب وارد کنند. فشار بالای ایجاد شده در محیط در اثر در هم فروریزی حباب‌ها دلیل اصلی غیر فعال شدن میکرواورگانیزم‌ها است [۸].

تأثیر این فرآیند بر روی خواص کیفی آب گریپ فروت نشان داد تیمار فراصوت تأثیر قابل ملاحظه‌ای در بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کاهش کدورت، ترکیبات فنلی و ویتامین ث خواهد شد. تأثیر معنی‌داری بر روی رنگ نداشت اما به طور کلی باعث بهبود خواص کیفی این فرآورده شد [۴]. محققین تأثیر این فرآیند را بر روی فاکتورهای شیمیایی و ظاهری آب پرتقال بررسی کردند. نتایج بررسی نشان داد این فرآیند روی اسیدیته، بریکس و pH اثری ندارد اما بر روی رنگ، فاکتور قهوه‌ای شدن و کاهش کدورت موثر است [۹]. مصرف آب آلبالو به علت محتوای ترکیبات زیست فعال مثل آنتوسیانین‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها و مواد فنولی رو به افزایش است. با توجه به کشت بالای این میوه در ایران و تولید مقدار بالای آب آلبالو در صنعت آبمیوه و با توجه به خواص کیفی آن، هدف از این پژوهش بررسی و مقایسه خصوصیات رنگی و میکروبی آب آلبالوی پاستوریزه شده به روش فراصوت در شرایط بهینه با پاستوریزاسیون حرارتی بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

مواد مصرفی در این پژوهش شامل آلبالو تازه از بازار محلی واقع در (تهران) و محیط کشت پلیت کانت آگار از شرکت Merck (آلمان) تهیه شدند.

1. Monomeric anthocyanins
2. Polymerization

Table 1 Treatments studied with independent variables of temperature (X1), time (X2), power ultrasound (X3) by response surface methodology (Box-Behnken)

Treatment	Power (w)	Temperature (°C)	Time (min)
1	105	30	6
2	10	60	6
3	10	30	2
4	200	0	6
5	10	0	6
6	105	60	10
7	105	60	2
8	105	30	6
9	200	30	10
10	105	30	6
11	105	0	10
12	200	60	6
13	10	30	10
14	105	0	2
15	200	30	2
Control	0	30 ^s	90

۲-۲-۲- روش‌ها**۱-۲-۲- آماده‌سازی آب آلبالو**

میوه‌های تازه از بازار محلی تهیه شد و پس از جدا کردن میوه‌های آسیب دیده و فاسد شسته شدند. آبگیری توسط آبمیوه‌گیر آزمایشگاهی (National, Japan) انجام شد. آبمیوه حاصل فوراً توسط سانتریفوژ (Hettich D-7200, Germany) با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه جهت جداسازی فاز جامد از مایع تحت سانتریفوژ قرار گرفت. آبمیوه شفاف از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ رد شد و ناخالصی‌ها بطور کامل جدا شدند. سپس نمونه‌های آب آلبالو به دو روش پاستوریزاسیون حرارتی (در دمایی ۹۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۳۰ ثانیه) و فراصوت مطابق با جدول تیمارها (جدول ۱) پاستوریزه شدند. آبمیوه تولید شده به عنوان تیمار شاهد (دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد و زمان ۳۰ ثانیه) در نظر گرفته شد [۱۰].

۲-۲-۲- پاستوریزاسیون حرارتی آب آلبالو

برای بررسی تاثیر پاستوریزاسیون، ۲۰۰ میلی‌لیتر از نمونه‌های آب آلبالو در ارلن شیشه‌ای ۲۵۰ میلی‌لیتری با درپوش آلومینیومی ریخته شد و در اتوکلاو ۹۰ درجه سانتی‌گراد (دمای بهینه پاستوریزاسیون مورد استفاده در کارخانه) به مدت ۳۰ ثانیه طبق روش روپاسینگ پاستوریزه شدند [۱۱].

۲-۲-۲- پاستوریزاسیون به روش فراصوت آب آلبالو

سیستم فراصوت ۱۲۵ وات (Q-Sonica, America) با یک پروب ۱۲ میلی‌متری برای فراصوت استفاده شد. نمونه‌ها مطابق با جدول (۱) در یک فرکانس ثابت ۲۰ کیلوهرتز فرآوری شدند. انرژی ورودی توسط تنظیم دامنه پروب فراصوت کنترل شد. نمونه‌های آب آلبالو در فراصوت حرارتی تا دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند و دمای سیرکولاسیون در 60 ± 2 درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. نمونه‌های بدون تیمار حرارتی در آب با دمای 25 ± 0.5 درجه سانتی‌گراد در حال سیرکوله گذاشته شدند. پروب فراصوت در کلیه نمونه‌ها در عمق ۲۵ میلی‌متری در نمونه‌ها فرو برده شد. تمام تیمارهای فراصوت در ۳ تکرار انجام شد [۱۲].

۳-۳- آزمون‌ها**۱-۳- اندازه‌گیری رنگ**

رنگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه (هانترلب) اندازه‌گیری شد. در این سیستم از سه شاخص L , a , b برای شرح دادن موقعیت دقیق رنگ سه‌بعدی استفاده گردید. به این منظور نمونه‌ها در سل دستگاه ریخته و عدد مربوط به پارامترهای رنگ خوانده شد [۱۳].

۲-۳- آزمون‌های میکروبی

آزمون شمارش کلی میکروارگانیزم‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۵۲۷۲، با استفاده از محیط کشت پلیت کانت آگار^۱ به روش رقت سازی دهگانی و پورپلیت به مدت ۷۲ ساعت و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد [۱۴].

۴- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با کمک نرم افزار مینی‌تیب^۲ با ۹۵ درصد اطمینان استفاده شد. با توجه به سه متغیر مستقل زمان، دما و توان فراصوت ۱۵ تیمار به همراه یک تیمار شاهد (پاستوریزاسیون به روش حرارتی) طراحی گردید.

1. Plate count agar
2. Minitab

۵- نتایج و بحث

۵-۱- نتایج آنالیز واریانس و مدل پیش‌بینی شده میزان خصوصیات رنگی، شمارش کلی میکروارگانیزم آب آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت

(۲) اثرات خطی قدرت، دما و زمان فراصوت و اثرات متقابل قدرت فراصوت × دمای فراصوت و قدرت فراصوت × زمان فراصوت بر میزان L^* آب آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت در شرایط مختلف معنی‌دار ($P \leq 0.05$) بود. اثرات مربعی قدرت، دما و زمان فراصوت و اثر متقابل دمای فراصوت × زمان فراصوت بر میزان L^* آب آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت معنی‌دار نبود ($P > 0.05$).

همانطور که در جدول (۳) مشاهده می‌گردد ضریب تبیین مدل پیش‌بینی شده ($R-Sq = 98/53$) و ضریب تبیین اصلاح شده $R-Sq(adj) = 95/87$ به دست آمد که نشان‌دهنده برازش خوب مدل به داده‌های آزمایشی بود.

نتایج آنالیز واریانس و مدل پیش‌بینی شده بر میزان شاخص‌های رنگی (L^* , a^* , b^*) و شمارش کلی میکروارگانیزم‌ها به روش فراصوت در شرایط مختلف دما، زمان و توان فراصوت انجام شد که نتایج آنها به ترتیب در جداول (۲) و (۳) گزارش شده است. مطابق با نتایج جدول

Table 2 Results of analysis of variance response model of Color properties (L^* , a^* , b^*) and total count (cfu/ml) of cherry juice pasteurized by ultrasound in different conditions (power, temperature and time)

Source	L^*		a^*		b^*		Total count	
	F-value	P-value	F-value	P-value	F-value	P-value	F-value	P-value
Regression	37.1300	0.0000*	17.3400	0.003*	446.7700	0.000*	125.22	0.000*
Linear	103.8300	0.0000*	45.2900	0.000*	1236.0400	0.000*	338.39	0.000*
Power (w)	227.1500	0.0000*	84.0100	0.000*	3055.0000	0.000*	774.53	0.000*
Temperature (°C)	76.4400	0.0000*	39.8800	0.001*	603.8300	0.000*	226.17	0.000*
Time (min)	7.9100	0.0370*	12.0000	0.018*	49.2900	0.001*	14.46	0.013*
Square	1.7300	0.2760 ^{ns}	1.3200	0.365	95.1200	0/000*	32.12	0.001*
Power(w)*Power (w)	3.6100	0.1160 ^{ns}	1.1200	0.339	271.9700	0.000*	91.23	0.000*
Temperature(°C)*Temperature (°C)	0.0200	0.8980 ^{ns}	2.9900	0.144	4.9000	0.078 ^{ns}	4.14	0.097
Time (min)*Time (min)	1.1900	0.3250 ^{ns}	0.3000	0.610	0.0000	0.953 ^{ns}	1.04	0.355
Interaction	5.8300	0.0440*	5.4000	0.050*	9.1500	0/018*	5.14	0.055*
Power (w)*Temperature (°C)	8.7700	0.0310*	9.1900	0.029*	18.3400	0/008*	15.30	0.011*
Power (w)*Time (min)	8.5200	0.0330*	5.1300	0.073	7.9700	0.037*	0.06	0.817
Temperature (°C)*Time (min)	0.2100	0.6690 ^{ns}	1.8700	0.230	1.1500	0.333 ^{ns}	0.06	0.817
Residual Error	-	-	-	-	-	-	-	-
Lack-of-Fit	891.0000	0.782	374.5800	0.683	131.2500	0.981	2.32	0.315

Table 3 Response surface model of Color properties (L^* , a^* , b^*) and total count (cfu/ml) of cherry juice pasteurized by ultrasonic method in different conditions

Model		R^2	R^2 -adj
L^*	$Y = 18.1 - 0.700.2323(a) - 0.7150(b) + 0.2300(c) + 0.2288(a^2) - 0.0163(b^2) - 0.1312(c^2) - 0.3425(ab) - 0.3375(ac) + 0.0525(bc)$	98.53	95.87
a^*	$Y = 43.0 - 5500.4863(a) - 0.3350(b) + 0.1838(c) + 0.0825(a^2) - 0.1350(b^2) - 0.0425(c^2) - 0.2275(ab) - 0.1700(ac) + 0.1025(bc)$	96.90	91.31
b^*	$Y = 20.1 - 2833.0038(a) - 0.4462(b) + 0.1275(c) + 0.4408(a^2) - 0.0592(b^2) - 0.0017(c^2) - 0.1100(ab) - 0.0725(ac) + 0.0275(bc)$	99.88	99.65
Total count	$Y = 13.6667 - 20.1250(a) - 10.8750(b) - 2.75(c) + 10.1667(a^2) + 2.1667(b^2) - 1.0833(c^2) + 0.4(ab) - 0.25(ac) + 0.25(bc)$	99.56	98.76

a: power, b: temperature, c: time

۲-۵- مقایسه میزان شاخص‌های رنگی (L^* , a^* , b^*) و شمارش کلی میکروبی آزمون شده و پیش‌بینی شده آب آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت

۲-۵-۱- شاخص‌های رنگی (L^* , a^* , b^*)

رنگ آبمیوه یکی از مهمترین پارامترهای است که نظر مصرف‌کننده را نسبت به محصول به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. تغییر رنگ می‌تواند ناشی از فرآیندهای اعمال شده بر روی فرآورده باشد یا در اثر رشد میکروارگانیسم‌ها باشد [۱۵]. بنابراین یکی از اهداف این مطالعه بررسی تغییرات رنگ نمونه‌های آب آلبالو بود. نتایج میزان شاخص‌های رنگی (L^* , a^* , b^*) آزمون شده و پیش‌بینی شده آب آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت در شرایط مختلف (قدرت، دما و زمان) در جدول (۴) گزارش شده است. با توجه به نتایج بدست آمده اختلاف معنی‌داری بین نتایج میزان a^* , b^* و L^* آب آلبالو پاستوریزه شده در شرایط مختلف آزمون شده و پیش‌بینی شده مشاهده نشد بطوریکه که شرایط مختلف پاستوریزاسیون آب آلبالو به روش فراصوت (قدرت- دما و زمان) تأثیر قابل توجهی بر میزان تغییرات a^* , b^* و L^* آب آلبالو داشت. و با افزایش قدرت فراصوت از ۱۰ به ۲۰۰ وات، دمای فراصوت از صفر به ۶۰ درجه سانتی‌گراد و زمان فراصوت از ۲ به ۱۰ دقیقه میزان a^* , b^* و L^* در آب آلبالو پاستوریزه شده به صورت معنی‌داری ($p \leq 0.05$) کاهش یافت. به طوری که میزان L^* آب آلبالو پاستوریزه شده از ۱۶/۱۱۰ تا ۱۹/۷۷۰، میزان a^* آب‌های آلبالو پاستوریزه شده ۴۲/۱۶۰ تا ۴۴/۰۵۰ و میزان b^* آب آلبالو پاستوریزه شده از ۱۹/۱۳۰ تا ۲۱/۹۸۰ متغیر بود. بالاترین میزان a^* , b^* و L^* (به ترتیب ۴۴/۰۵۰، ۲۱/۹۸۰ و ۱۹/۷۷۰) نمونه‌های آب آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت در قدرت ۱۰ وات، دمای صفر درجه سانتی‌گراد و زمان ۶ دقیقه و پایین‌ترین میزان a^* , b^* و L^* (به ترتیب ۴۲/۱۶۰، ۱۹/۱۳۰ و ۱۶/۱۱۰) در قدرت فراصوت ۲۰۰ وات، دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶ دقیقه مشاهده گردید. مطابق با نتایج پژوهش حاضر قسمت اعظم رنگ آب آلبالو را آنتوسیانین‌ها تشکیل می‌دهند، علت کاهش میزان رنگ در آب میوه پاستوریزه شده به روش فراصوت می‌تواند به دلیل کاهش میزان آنتوسیانین باشد. آنتوسیانین‌ها بسیار ناپایدار بوده و

مطابق با نتایج جدول (۲)، اثرات خطی قدرت، دما و زمان فراصوت و اثرات متقابل قدرت فراصوت \times دمای فراصوت بر میزان a^* آب آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت در شرایط مختلف معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود. اثرات مربعی قدرت، دما و زمان فراصوت و اثر متقابل قدرت فراصوت \times زمان فراصوت و دمای فراصوت \times زمان فراصوت بر میزان a^* آب آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). همانطور که در جدول (۳) مشاهده می‌گردد ضریب تبیین مدل پیش‌بینی شده ($R-Sq = 96/90$) و ضریب تبیین اصلاح شده آن $R-Sq(adj) = 91/31$ به دست آمد که نشان‌دهنده برازش خوب مدل به داده‌های آزمایشی بود.

مطابق با نتایج جدول (۲)، اثرات خطی قدرت فراصوت، دما و زمان فراصوت و اثرات مربعی قدرت فراصوت و اثرات متقابل قدرت فراصوت \times دمای فراصوت بر میزان b^* آب آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت در شرایط مختلف معنی‌دار بود. اثرات مربعی دما و زمان فراصوت و اثر متقابل قدرت فراصوت \times زمان فراصوت و دمای فراصوت \times زمان فراصوت بر میزان b^* آب آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). همانطور که در جدول (۳) مشاهده می‌گردد ضریب تبیین مدل پیش‌بینی شده ($R-Sq = 99/88$) و ضریب تبیین اصلاح شده آن $R-Sq(adj) = 99/65$ به دست آمد که نشان‌دهنده برازش خوب مدل به داده‌های آزمایشی بود.

مطابق با نتایج آنالیز واریانس جدول (۲)، اثرات خطی قدرت فراصوت، دما و زمان فراصوت و اثرات مربعی قدرت و دمای فراصوت و همچنین اثرات متقابل قدرت فراصوت \times دمای فراصوت بر میزان شمارش کلی میکروبی آب آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت در شرایط مختلف معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود. اثرات مربعی زمان فراصوت و اثرات متقابل قدرت فراصوت \times زمان فراصوت و دمای فراصوت \times زمان فراصوت بر میزان شمارش کلی آب آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). مطابق با جدول (۳)، نتایج مدل پیش‌بینی شده بر روی میزان شمارش کلی میکروارگانیسم در آب آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت نشان داد ضریب تبیین مدل پیش‌بینی شده ($R-Sq = 99/56$) و ضریب تبیین اصلاح شده آن $R-Sq(adj) = 98/76$ به دست آمد که نشان‌دهنده برازش خوب مدل به داده‌های آزمایشی بود.

تغییرات پوره آناناس نیز موید این مطلب بود که حرارت سبب کاهش روشنایی نمونه‌ها می‌شود [۱۹]. در پژوهش دیگری کامپولی و همکاران (۲۰۱۸) اثر فرایند فراصوت بر خواص ساختاری، فیزیکی و محتوی لیکوپین میوه گواوا را بررسی کردند. نتایج نشان داد فرایند فراصوت باعث ایجاد اختلال در سلول‌های آبیوم گواوا شده و باعث عدم تغییر رنگ در نوشیدنی شد [۲۰]. در پژوهش دیگری وانگ و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر فرایند فراصوت بر فعالیت آنی‌اکسیدانی، فنولیک و اسید آسکوربیک و ریزساختار آبیوم کیوی را بررسی و گزارش نمودند انجام فرایند فراصوت طی ۱۶ دقیقه باعث ایجاد اختلاف رنگ در نمونه‌ها شد [۲۱].

می‌تواند در طی فرآوری، تخریب شده و خواص زیست فعال خود را در شرایطی از جمله pH، دما، نور، اکسیژن و وجود آنزیم‌ها و یون‌های فلزی از دست دهند [۹]. محققان اظهار داشتند که آنتوسیانین‌ها (از ترکیبات فلاونوئیدی) به راحتی در اثر حرارت تخریب می‌شوند و این امر باعث تغییر مقبولیت رنگ در آبیوم‌ها می‌شود [۱۶]. برخی از محققین باز شدن حلقه پریلیوم و تشکیل چالکون را مهمترین دلیل تخریب آنتوسیانین‌ها عنوان نمودند. بعد از تشکیل چالکون‌ها تخریب کامل این ترکیبات و تبدیل آنها به سایر ترکیبات انجام می‌شود [۱۷]. راتاناسانالرک و همکاران (۲۰۰۵)، هنگام بررسی آب آناناس [۱۸]، چوتینت راسری و نوم‌هورم (۲۰۰۷) بر روی

Table 4 Comparison of Color properties (L *, a *, b *) and total count of tested and predicted pasteurized cherry juice by ultrasound

Treatment	L *	Predicted L *	a *	Predicted a *	b *	Predicted b *	Total count (cfu/ml)	Predicted Total count
1	18.070	18.070	43.540	43.550	20.290	20.283	12.000	13.667
2	19.240	19.143	43.660	43.711	21.370	21.333	33.000	31.250
3	19.450	19.293	43.960	43.925	21.750	21.781	45.000	45.375
4	18.010	18.108	43.460	43.409	20.180	20.218	11.000	12.750
5	19.770	19.888	44.050	43.926	21.980	22.005	60.000	61.000
6	17.070	17.030	42.910	42.751	19.620	19.676	0.000	1.375
7	17.130	17.385	43.340	43.324	19.870	19.876	5.000	6.375
8	18.060	18.070	43.550	43.550	20.280	20.283	15.000	13.667
9	16.210	16.368	42.550	42.585	19.550	19.519	0.000	-0.375
10	18.080	18.070	43.560	43.550	20.280	20.283	14.000	13.667
11	18.610	18.355	43.610	43.626	20.520	20.514	24.000	22.625
12	16.110	15.993	42.160	42.284	19.130	19.105	0.000	-1.000
13	19.370	19.508	43.790	43.897	21.690	21.671	40.000	40.375
14	18.880	18.920	43.630	43.789	20.880	20.824	30.000	28.625
15	17.640	17.503	43.400	43.293	19.900	19.919	6.000	5.625

از ۱۰ به ۲۰۰ وات، دمای فراصوت از صفر به ۶۰ درجه سانتی‌گراد و زمان فراصوت از ۲ به ۱۰ دقیقه میزان شمارش کلی میکروبی در آب آلبالو پاستوریزه شده به صورت معنی‌داری ($p \leq 0/05$) کاهش یافت. بالاترین میزان شمارش کلی میکروبی ۶۰ (cfu/ml) نمونه‌های آب آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت در قدرت ۱۰ وات، دمای صفر درجه سانتی‌گراد و زمان ۶ دقیقه و پایین‌ترین میزان شمارش کلی میکروبی ۰/۰۰۰ (cfu/ml) در سه تیمار (قدرت فراصوت ۲۰۰ وات، دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۰ دقیقه)، (تیمار قدرت فراصوت ۱۰۵ وات، دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۰ دقیقه) و (تیمار قدرت فراصوت ۲۰۰ وات، دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶ دقیقه) مشاهده گردید. این نتایج

۵-۲-۲- شمارش کلی میکروبی

استفاده از تکنیک‌های غیر حرارتی مانند فراصوت در فرآوری محصولات از جمله آبیوم‌ها در صورتی می‌تواند مطلوب باشد که بتواند بار میکروبی محصول را به گونه‌ای کاهش دهد که سلامت مصرف‌کنندگان را به خطر نیندازد. بنابراین در این پژوهش کیفیت میکروبی آب آلبالو تیمار شده با فراصوت مورد بررسی قرار گرفت. مطابق با نتایج جدول (۴) شرایط مختلف پاستوریزاسیون آب آلبالو به روش فراصوت (قدرت- دما و زمان) اثر معنی‌داری بر تغییرات میزان شمارش کلی میکروبی آب آلبالو دارد. به طوری که میزان شمارش کلی میکروبی آب‌های آلبالو پاستوریزه شده از ۰/۰۰۰ (cfu/ml) تا ۶۰/۰۰۰ (cfu/ml) متغیر بود. مطابق با نتایج با افزایش قدرت فراصوت

با هدف دستیابی به بالاترین میزان شاخص‌های رنگی (L^* , a^* , b^*) و حداقل میزان شمارش کلی میکروبی به صورت همزمان با ۹۴/۴۴۷ درصد مطلوبیت در قدرت فراصوت ۱۳۳ وات، دما ۴۷/۲۳۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۰ دقیقه پیش‌بینی شد. مطابق با نتایج شکل ۱، در شرایط مذکور حداکثر میزان شاخص L^* ۱۶/۸۲۲۱، شاخص a^* ۴۲/۷۸۸۸، شاخص b^* ۱۹/۵۹۶۶ و میزان شمارش کلی میکروبی ۰/۰۰۰ (cfu/ml) بدست آمد.



Fig 1 Multiple optimization condition of the Color properties (L^* , a^* , b^*) and total counting of Sour cherry juice by ultrasound

۵-۴- مقایسه میزان شاخص‌های رنگی و شمارش کلی میکروبی آب آلبالو پاستوریزه شده در شرایط بهینه به

روش فراصوت و روش معمول پاستوریزاسیون

نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های رنگی و شمارش کلی میکروبی آب آلبالو پاستوریزه شده در شرایط بهینه قدرت فراصوت (۱۰۹)، دمای فراصوت (۶۰ درجه سانتی‌گراد) و زمان فراصوت (۹/۵ دقیقه) به روش فراصوت و روش پاستوریزاسیون در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۳۰ ثانیه در جدول (۵) نشان داده شده است. به طور کلی با توجه به اینکه اختلاف معنی‌داری بین میزان شمارش کلی آب آلبالو پاستوریزه شده به روش حرارتی و فراصوت در شرایط بهینه مشاهده نشد و همچنین پارامترهای رنگی (L^* ، a^* و b^*) نمونه پاستوریزه شده به روش فراصوت در شرایط بهینه بالاتر بود بنابراین نمونه مذکور از نظر خواص کیفی مطلوب‌تر از نمونه پاستوریزه شده در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه بود. در این راستا ایاسه و همکاران (۲۰۱۶) طی تحقیقی تاثیر فرآیند فراصوت بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، رئولوژیکی و ترکیبات زیست فعال آب هویج را بررسی و نشان دادند.

نشان‌دهنده‌ی کفایت فرآوری با امواج فراصوت در کاهش جمعیت میکروارگانیسم‌های آب آلبالو هست، و قابل توجه است که هرچه قدرت فراصوت، زمان و دمای فرآوری بیشتر بود موجب کاهش بیشتر تعداد کل میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های آب آلبالو شده است.

مکانیسم غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها به وسیله فراصوت بدین صورت است که کاویتاسیون ناشی از امواج فراصوت باعث تشکیل، رشد و متلاشی شدن حباب‌های کوچک در آب پرتقال می‌شود که انتشار سریع این حباب‌های کوچک و برخوردشان با غشای سلولی میکروارگانیسم‌ها باعث ایجاد سوراخ‌هایی ریز در سطح دیواره و نشت محتویات سلولی به بیرون شده و در نتیجه این پدیده، مرگ سلولی اتفاق می‌افتد که با افزایش مدت زمان فرآوری این پدیده تشدید شده و میزان مرگ سلولی افزایش می‌یابد [۸]. پژوهش‌های متعددی کاربرد امواج فراصوت را روشی مؤثر در کاهش بار میکروبی و افزایش قابلیت نگهداری آبمیوه‌هایی نظیر آب زغال‌اخته [۸]، آب پرتقال [۲۲]، آب هویج [۲۳]، آب توت‌فرنگی [۱۵]، گزارش کرده‌اند. به طوری که کاویتاسیون ایجاد شده توسط این امواج با تخریب دیواره‌ی سلولی باکتری‌ها، حساسیت این میکروارگانیسم‌ها را به حرارت، دما، فعالیت آبی، فشار اسمزی افزایش می‌دهد.

در مطالعه‌ای به بررسی خواص کیفی آب‌میوه گلابی پاستوریزه شده به روش فراصوت (دمای ۲۵، ۴۵ و ۶۵ درجه سانتی‌گراد، زمان ۱۰ دقیقه و توان ۷۵۰ وات) و روش صنعتی (دمای ۶۵ و ۹۵ درجه سانتی‌گراد در زمان‌های ۱۰ و ۲ دقیقه) پرداخته شد و مشاهده گردید غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها به طور کامل در روش صنعتی با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. پاستوریزاسیون به روش فراصوت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۰ دقیقه بهترین نتایج را نشان داد بطوری که در این حالت فعالیت میکروبی کاهش یافت [۲۴].

۵-۳- شرایط بهینه‌سازی همزمان میزان شاخص‌های رنگی (L^* , a^* , b^*) و شمارش کلی میکروبی آب

آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت

شکل ۱، نمودار بهینه یا اپتیمم همزمان شاخص‌های رنگی (L^* , a^* , b^*) و شمارش کلی میکروبی آب آلبالو پاستوریزه شده به روش فراصوت در شرایط مختلف را نشان می‌دهد. بهینه‌سازی شرایط پاستوریزه کردن آب آلبالو به روش فراصوت

نمونه شرایط بهینه دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، زمان ۳۰ دقیقه و توان ۳۵۰ وات حاوی بیشترین مقدار محتوی فنل کل بود و به طور کلی تیمار فراصوت نتایج برتری نسبت به روش حرارتی داشت [۲۵].

نمونه‌های آب هویج مطابق روش سطح پاسخ دی اپتیمال تحت تیمارهای متفاوت دما (۲۵ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد)، زمان (۱۰ تا ۳۰ دقیقه) و توان (۳۵۰ تا ۴۰۰) فراصوت شدند. در این تحقیق برای هر آزمون یک نقطه بهینه تعیین شد و به عنوان

Table 5 Comparison of pasteurized sample at 90 °C temperature in 30 seconds and pasteurized sample by ultrasonic method in optimal conditions

Test	pasteurized sample by ultrasonic method	pasteurized sample at 90 °C in 30 seconds
Total count (cfu/ml)	0.00±0.00 ^A	0.00±0.00 ^A
L*	17.0±0046.17 ^A	15.0±42.24 ^B
a*	42.0±7605.19 ^A	42.0±16.14 ^B
b*	19.0±6404.29 ^A	19.0±06.25 ^B

Different uppercase letters indicate a significant difference ($p \leq 0.05$).

۶- نتیجه‌گیری

در این پژوهش تاثیر روش تیمار فراصوت و روش معمول پاستوریزاسیون بر روی تغییرات رنگ و شمارش کلی آب آلبالو مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی نتایج تغییرات رنگ نشان داد که با افزایش قدرت، دما و زمان فراصوت میزان شاخص‌های L^* ، b^* و a^* در آب آلبالو پاستوریزه شده کاهش یافت. همچنین نتایج آزمون میکروبی نشان داد که با افزایش توان فراصوت، اثرگذاری امواج فراصوت بر شمارش کلی افزایش می‌یابد و تعداد این باکتری به دلیل افزایش میزان عمل کاویتاسیون با شیب بیشتری کاهش می‌یابد. همچنین افزایش زمان تیماردهی به دلیل افزایش زمان جریان‌های صوتی و هم زنی بیشتر در مدت زمان تعیین شده، فرصت بیشتری را برای تأثیرگذاری امواج فراصوت بر شمارش کلی می‌دهد و با افزایش زمان بار میکروبی کاهش می‌یابد. بطور کلی می‌توان گفت استفاده از فراصوت برای پاستوریزاسیون آب آلبالو علاوه بر کاهش آلودگی میکروبی این محصول غذایی، به طور موثری باعث حفظ و نگهداری ترکیبات مغذی این محصول نیز می‌گردد که نشان‌دهنده پتانسیل بالای این فناوری برای جایگزینی فرآیندهای معمول حرارتی است.

۵- منابع

- [1] Patras, A., Brunton, N.P, O'Donnell, C. and Tiwari, B.K. (2010). Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science and Technology*, 21(1), 3-11.
- [2] Bursać Kovačević, D., Putnik, P., Dragović-Uzelac, V., Vahčić, N., Babojelić, M. S., & Levaj, B. (2015). Influences of organically and conventionally grown strawberry cultivars on anthocyanins content and color in purees and low-sugar jams. *Food Chemistry*, 181, 94-100.
- [3] Kovačević, D. B., Putnik, P., Dragović-Uzelac, V., Pedisić, S., Jambrak, A. R., & Herceg, Z. (2016). Effects of cold atmospheric gas phase plasma on anthocyanins and color in pomegranate juice. *Food chemistry*, 190, 317-323.
- [4] Aadil, R. M., Zeng, X. A., Han, Z. & Sun, D. W. (2013). Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. *Food Chemistry*, 141(3), 3201-3206.
- [5] Zou, Y. & Jiang, A. (2016). Effect of ultrasound treatment on quality and microbial load of carrot juice. *Food Science and Technology*, 36(1), 111-115.
- [6] Hu, J., Ge, S., Huang, C., Cheung, P. C., Lin, L., Zhang, Y. & Huang, X. (2018). Tenderization effect of whelk meat using ultrasonic treatment. *Food science & nutrition*, 6(7), 1848-1857.
- [7] Sattar, S., Imran, M., Mushtaq, Z., Ahmad, M. H., Holmes, M., Maycock, J. & Muhammad, N. (2019). Functional quality of optimized peach-based beverage developed by application of ultrasonic processing. *Food science & nutrition*, 7(11), 3692-3699.
- [8] Mohideen, F.W., Mis Solval, K., Li, J., Zhang, J., Chouljenko, A., Chotiko, A. *et al.* (2015). Effect of continuous ultra-sonication on microbial counts and physico-chemical properties of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) juice. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1): 563-570.

- [18] Rattanathanalerk, M., Chiewchan, N., Srichumpoung, W. (2005). Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. *Journal of Food engineering*, 66(2), 259-265.
- [19] Chutintrasri, B., & Noomhorm, A. (2007). Color degradation kinetics of pineapple puree during thermal processing. *LWT-Food Science and Technology*, 40(2), 300-306.
- [20] Campoli, S. S., Rojas, M. L., do Amaral, J. E. P. G., Canniatti-Brazaca, S. G., & Augusto, P. E. D. (2018). Ultrasound processing of guava juice: Effect on structure, physical properties and lycopene in vitro accessibility. *Food Chemistry*, 268, 594-601.
- [21] Wang, J., Kranthi Vanga, S., & Raghavan, V. 2019. High-intensity ultrasound processing of kiwifruit juice: Effects on the microstructure, pectin, carbohydrates and rheological properties. *Food Chemistry*, 126-121.
- [22] Amjadi, S., Alizadeh, A. and Roufegarinejad, L. (2018). Cavitation effects of sonication on microbial load and physicochemical properties of orange juice. *Journal of Food Science and Technology*, 83(15): 214-226. [in Persian]
- [23] Adiamo, O.Q., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F., Babiker, E.E., and Ahmed, I.A.M. (2018). Thermo-sonication process for optimal functional properties in carrot juice containing orange peel and pulp extracts. *Food Chemistry*, 245: 79-88.
- [24] Saeeduddin, M., Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M.M., Awad, F.N. et al. (2015). Quality assessment of pear juice under ultrasound and commercial pasteurization processing conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1): 452-458.
- [25] Ayaseh, A., Alizadeh, M., Esmaili, M., Mehrdad, A., Javadzadeh, Y. (2016). The effect of sonication on bioactive compounds in carrot juice. *Journal of Food Hygiene*, 5(20), 81-104. [in Persian]
- [9] Tiwari, B., Muthukumarappan, K., O'Donnell C. & Cullen, P. (2008). Effects of sonication on the kinetics of orange juice quality parameters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(7), 2423-2428.
- [10] Mehmandoost, N., Kadkhodae, R., Hamed Mousavian, M.T. (2011). Combined effect of ultrasonic and heat on orange pectin methylesterase. *Journal of Food and Science Technology*, 29, 101-111. [in Persian]
- [11] Rupasinghe, H.P. V. and Yu, L.J. (2012). Emerging preservation methods for fruit juice and beverages. *Journal of Food Additives*, 65-82.
- [12] Nguyen, C. L. and Nguyen, H. V. (2018). Ultrasonic Effects on the Quality of Mulberry Juice. *Beverages*, 4(3), 56.
- [13] Ghorbani Hasan Saraei, A., Shahidi, S. A., Mohebbi, M., Moaziyan. R. (2016). Modelling Kinetics of Thermal Colour Degradation in Production of Beetroot Juice Concentrate by Various Heating Methods. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 13, 87-98. [in Persian].
- [14] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (ISIRI), (2007). Microbiology of food and animal feed - a comprehensive method for the general enumeration of microorganisms. ISIRI NO. 5272. [in Persian]
- [15] Bhat, R. and Goh, K. M. (2017). Sonication treatment convalesce the overall quality of hand-pressed strawberry juice. *Food Chemistry*, 215: 470-476.
- [16] Naderi, B., Maghsoudlou, Y., Aminifar, M., Ghorbani, M., & Rashidi, L. (2015). Investigation on the changes in color parameters and turbidity of cornelian cherry (cornus mass L) produced by microwave and conventional heating. *Nutrition and Food Sciences Research*, 2(4), 39-46.
- [17] Ordóñez-Santos, L. E., Martínez-Girón, J. & Arias-Jaramillo, M. E. (2017). Effect of ultrasound treatment on visual color, vitamin C, total phenols, and carotenoids content in Cape gooseberry juice. *Food Chemistry*, 233, 96-100.



Investigation and comparison of color and microbial properties of pasteurized sour cherry juice by ultrasonic method under optimal conditions with thermal pasteurization

Noorisefat, F. ¹, Nateghi, L. ^{2*}, Zarei, H. ³

1. Master Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
3. Department of Basic science, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 02/ 02

Accepted 2022/ 03/14

Keywords:

Sour Cherry Juice,
Ultrasound,
Color properties,
Microbial properties.

DOI: 10.52547/fsct.19.124.147

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.28.5

*Corresponding Author E-Mail:
leylanatheghi@iauvaramin.ac.ir

ABSTRACT

Conventional thermal pasteurization may cause pigment degradation as well as loss of nutritional value of fruit juices. It is therefore essential to develop non-thermal pasteurization methods to maximize retention of bioactive compounds while minimizing color changes in sour cherry juices. Ultrasound is an emerging non-thermal technology that could ensure microbial safety and extended shelf-life of fruit juices without having negative effect on their phytonutrient content. The aim of present study was to investigate the non-thermal method of ultrasound and the effect of three variables of ultrasound power (10, 105 and 200 W), ultrasound temperature (0, 30 and 60 ° C) and ultrasound time (2, 6 and 10 minutes) on Microbial load and Color properties of whole sour cherry juice and its comparison with heat treatment (90 ° C, 30 s). Examination of color parameters showed that with increasing ultrasonic power from 10 to 200 watts, ultrasonic temperature from zero to 60 ° C and ultrasonic time from 2 to 10 minutes, the amount of a *, b *, L * and microbial contamination in pasteurized sour cherry juice significantly ($p \leq 0.05$) decreased. Also, in sour cherry juice samples pasteurized by ultrasonic method in optimal conditions (ultrasonic power 109 watts, temperature 60 ° C and time 9.5 minutes) no microorganisms grow and no significant difference was observed between the microbial load of the samples with the pasteurized sample. and also the color parameters (L *, b * and a *) of the sample pasteurized by ultrasound method was higher in optimal conditions. According to these results, it can be said that the use of ultrasound in optimal conditions in pasteurization of sour cherry juice, in addition to reducing microbial contamination of this food product, effectively preserves color compounds such as anthocyanins in sour cherry juice. Therefore, the sample was more desirable in terms of quality properties than the pasteurized sample at 90 ° C for 30 seconds.