بررسی فنی و اقتصادی ماشین لایه‌بردار سایشی کینوا و تعیین شرایط بهینه استفاده از آن

محمد شاکر[1*]، اکبر جوکار[2]، دادگر محمدی[3]، سید منصور علوی‌منش[4]، محمد رضا زارعی[5]

۱. عضو هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
m.shaker@areeo.ac.ir
۲. عضو هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران akbarjokar@gmail.com
۳. عضو هیات علمی بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویجی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
mohammadi287@yahoo.com
۴. کارشناس ارشد بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
alavimanesh88@gmail.com
۵. مدیر عامل شرکت لیزر برش شیراز info@laserboresh.ir

چکیده

در لایه‌های بیرونی اغلب ژنوتیپ‌های کینوا ماده ساپونین وجود دارد که با توجه به خواص ضد تغذیه‌ای آن در مرحله فرآوری با روش‌های مختلف حذف می‌شود. اخیراً شرکت لیزر برش شیراز اقدام به طراحی و ساخت ماشین لایه‌بردار سایشی برای حذف ساپونین از دانه کینوا، نموده است که ارزیابی ماشین فوق از نظر فنی و اقتصادی هدف پژوهش حاضر بود. برای ارزیابی فنی، اثر دو تیمار تنظیم دریچه ورودی و تنظیم سرعت دورانی محور ماشین بر درصد شکستگی دانه کینوا، ظرفیت ماشین و درصد کاهش وزن کینوا بررسی شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. از آزمون دانکن نیز برای مقایسه بین میانگین‌ها استفاده شد. به‌منظور انتخاب سودمندترین تیمار از لحاظ اقتصادی از تکنیک بودجه‌بندی جزئی استفاده شد. نتایج نشان داد که مناسب‌ترین تیمار برای ماشین لایه‌بردار، تیمار ۹ (سرعت دورانی ٦٥٠ دور بر دقیقه و فاصله دریچه ۲۰ میلی‌متر) بود. در این تنظیم بیشترین مقدار ظرفیت کاری ماشین (۰/۳۸ تن بر ساعت) و کمترین مقدار کاهش وزن کینوا (۱۲/۷ درصد) مشاهده شد. از نظر درصد شکستگی دانه کینوا نیز دارای مقدار مناسبی (۲/٤ درصد) بود. از جنبه اقتصادی نیز، بیشترین ارزش افزوده و سودمندی در تیمار ۹ به‌دست آمد.

کلمات کلیدی:

کینوا، ساپونین‌زدایی، پوست‌کن سایشی، ارزش غذایی

*نویسنده مسئول

بررسی فنی و اقتصادی ماشین لایه‌بردار سایشی کینوا و تعیین شرایط بهینه استفاده از آن

مقدمه

تغییرات اقلیمی و پیامدهای آن به‌ویژه خشک‌سالی و کاهش شدید منابع آب بخش کشاورزی را مجبور به تغییر الگوی کشت نموده است. به‌اعتقاد کارشناسان در شرایط کنونی کشت محصولات کم آب‌بر و حذف کشت‌های با مصرف آب بالا یکی از راه‌های کاهش آسیب‌های خشک‌سالی و گذر از شرایط بحرانی است. از این رو محصولاتی مانند کینوا قابل توصیه شده‌اند. تغییر آب و هوای ایران به سمت گرم و خشک و شور شدن تدریجی خاک‌های زراعی کشور از یک سو و تحمل بالای گیاه کینوا در مقابل خشکی و شوری از سوی دیگر، بیانگر دلیل منطقی برای استفاده از کینوا به‌عنوان یک گیاه مناسب برای رسیدن به کشاورزی پایدار، تغذیه مناسب و تولید صنعتی است [۱].

دانه کینوا یک شبه غله با ارزش غذایی بالا، کم حجم و بسیار خوش هضم است و منبع غنی از پروتئین، آهن، منیزیم، فیبر، فسفر و ویتامین B_2 می‌باشد. دانه کینوا در کشورهای آمریکای جنوبی به خاویار سبز معروف است. ساپونین‌ها که گروهی از گلیکوزیدهای گیاهی هستند، تلخ مزه بوده و در لایه‌های بیرونی دانه کینوا وجود دارند [۳۱]. این لایه از گیاه در برابر بیماری‌های ناشی از قارچ‌ها، باکتری‌ها، و ویروس‌ها محافظت می‌کند. تغذیه انسان با مواد حاوی ساپونین می‌تواند باعث ایجاد التهاب در معده و آسیب به روده کوچک شود [۱۹]. بنابراین اولین مرحله در فرآوری کینوا ساپونین‌زدایی است که با روش‌های مختلفی مانند شستشو و سایش صورت می‌گیرد بر اساس منابع موجود، مقدار مجاز ساپونین در کینوا برای تغذیه انسان ۰/۱۲ درصد گزارش شده است [۸].

با توجه به مطالب فوق، تحقیق در زمینه فرآوری پس از برداشت کینوا و تاثیر عوامل مختلف بر ارزش غذایی این محصول، ضروری به نظر می رسد. در استان فارس ماشین لایه‌بردار سایشی توسط شرکت لیزربرش شیراز برای حذف ساپونین دانه‌های کینوا ، طراحی و ساخته شده است. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی و تعیین شرایط بهینه استفاده از این ماشین بر اساس انتخاب میزان مناسب باز بودن دریچه و سرعت دورانی محور ماشین لایه‌بردار برای حذف ساپونین، بر اساس شاخص‌های فنی، اقتصادی، و ارزش غذایی در کینوا بود.

اهمیت غذائی کینوا مربوط به ترکیب کامل اسید آمینه، کلسیم، فسفر و آهن بالا و سدیم پائین است. پروتئین کینوا از نظر کمی و کیفی بهتر از دانه غلات متداول است و تعادل اسیدآمینه‌ای مطلوب‌تری برای تغذیه انسان و دام دارد. مقدار لیزین بالا (۵/٦-۱/٤ درصد) از مشخصه‌های دانه کینوا است که دو برابر گندم می‌باشد [۱]. از نظر زراعی مزیت اصلی گیاه کینوا، توانایی رشد آن در ارتفاعات زیاد، شرایط نیمه خشک و خاک‌های فقیر است [۱۳]. کیفیت پروتئین دانه کینوا دارای طیف وسیع و تعادل بسیار خوبی از اسید آمینه‌ها است. به طور متوسط ١٤ درصد دانه، پروتئین و ٦ درصد آن لیزین است [۳۳]. یک مشکل قابل توجه در دانه کینوا، وجود مقدار زیاد ساپونین در تعدادی از ارقام آن است. این ترکیبات سبب ایجاد مزه تلخ و طعم صابون می‌شود [۱۲].

ساپونین در کینوا بین دو تا شش درصد گزارش شده است [۱۵]. البته واریته‌هایی با ساپونین کمتر از ۰/۱۱ درصد، فاقد مزه تلخ هستند [۲۰]. حذف ساپونین اولین گام ضروری در استفاده از کینوا به‌عنوان یک محصول غذایی است. ساپونین‌ها متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که در منابع طبیعی به‌ویژه تعداد

زیادی از گیاهان از جمله کینوا وجود دارند. ساپونین‌ها گلیکوزیدهای ترپنی و به‌طور تخصصی گلیکوزیدهای آمفی‌پاثیک[1] هستند و به‌دلیل وجود گروه‌های آب‌دوست و چربی‌دوست توانایی تشکیل کف در محیط‌های آبی را دارند [۱۸] ، [۱۹] و [۲۶].

ساپونین‌ها و همچنین سولانین (در سیب‌زمینی) که جزء خانواده ساپونین‌ها است علاوه بر تلخ بودن دارای اثرات ضدتغذیه‌ایی زیادی از جمله تجزیه هموگلوبین، ممانعت از فعالیت تریپسین و کیموتریپسین، کاهش جذب مواد تغذیه‌ایی و انرژی، کاهش وزن و غیره می‌باشند [۱۹]. گزارش‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد ساپونین‌ها، هیدرولیزکننده گلبول‌های قرمز هستند.

تکنیک‌هایی برای تعیین مقدار ساپونین کینوا، براساس ایزوله‌سازی کمی ساپونین استفاده شده است [۱۶] و [۲۴]. ظرفیت کف‌کردن دانه [۲۹]، عملکرد بالای کروماتوگرافی مایع (HPLC) [۱۰]، کروماتوگرافی مایع-گاز [۳۰] و [۱۱] و همولیز سلول‌های قرمز خون به‌وسیله ساپونین [۵] از جمله این تکنیک‌ها هستند. روش سنتی حذف ساپونین در کینوا، ساییدن بذور روی یکدیگر در ظرف غوطه‌ور در آب جاری است [۱۴]. روش دیگر، حذف ساپونین‌ها توسط الکل خالص است که حلال خوبی برای آنها محسوب می‌شود. در مقیاس کوچک، حذف ساپونین می‌تواند با شستن دانه با آب سرد اجرا شود [۲۵].

روش مکانیکی حذف ساپونین، اگر چه به‌اندازه شستشو موثر نیست، اما از سایر روش‌ها ارزان‌تر است. به‌همین دلیل آسیاب‌های مختلفی برای این منظور استفاده شده است [۲۸] ، [۷]. برخی از تولید کننده-های تجاری در آمریکای جنوبی از آسیاب‌های سایشی بزرگ برای حذف ساپونین استفاده می‌کنند [۹]. هدف از پوست‌گیری بذور به روش سایشی، حذف لایه‌های خارجی دانه به‌منظور کاهش میزان فیبر و تانن است [۱۷]. همچنین این عمل منجر به بهبود ظاهر، بافت، کیفیت پخت، دلپذیری و قابلیت هضم دانه می‌شود [۲۳]. در موسسه بیوتکنولوژی گیاهی ساسکاتون کانادا، یک دستگاه پوست‌گیری سایشی کینوا طراحی و ساخته شد. این دستگاه به‌طور موثر می‌توانست ساپونین را در کینوا حذف نماید. درصد کاهش مقدار ساپونین در این دستگاه بسته به رقم کینوا بین ۸۵ تا ۹۵ درصد بود [۲۷].

در تحقیقی از ماشین صیقل‌دهنده خشک (مانند پالیش کردن در کارخانه‌های برنج‌کوبی) برای حذف ساپونین دانه کینوا استفاده شد. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که با بکارگیری این ماشین می‌توان تا ۷۰ درصد لایه‌برداری انجام داد [۲۲]. در تحقیقی، تاثیر سرعت دورانی روتور سفیدکن سایشی افقی بر خصوصیات تبدیل دو رقم برنج در استان فارس بررسی شد. نتایج نشان داد که سرعت دورانی مناسب روتور سفیدکن سایشی افقی برای برنج رقم کامفیروزی ۶۵۰ دور بر دقیقه و برای برنج رقم آمل-۳، ۶۰۰ دور بر دقیقه است. در رابطه با ضایعات تبدیل شلتوک به برنج (بر اساس برداشت مقدار سبوس برنج)، مشخص شد که به‌طور متوسط ضایعات تبدیل برنج رقم کامفیروزی حدود چهار برابر رقم آمل است [۳].

با توجه اهمیت محصول کینوا و لزوم حذف ساپونین در آن، تحقیق حاضر به منظور تعیین شرایط بهینه استفاده از ماشین حذف ساپونین از نظر فنی، اقتصادی و تغذیه‌ای کینوا اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در شرکت لیزر برش واقع در ۲۰ کیلومتری محور شیراز مرودشت، اجرا شد. ماشین لایه-بردار (پوست‌کن) سایشی توسط این شرکت در سطح تجاری برای حذف ساپونین دانه‌های کینوا، طراحی

1. Amphipathic.

و ساخته شده است (شکل ۱). در این تحقیق ماشین فوق از نظر فنی و اقتصادی به شرح زیر مورد ارزیابی قرار گرفت و ویژگی‌های تغذیه‌ایی کینوا نیز بررسی شد.

شکل ۱- نمای ماشین لایه‌بردار سایشی

در شرکت لیزر برش، ماشین لایه‌بردار سایشی پس از دو دستگاه بوجاری (غربال) و یک دستگاه سنگ-گیر نصب شده بود. بنابراین کینوای ورودی پس از سه مرحله بوجاری و بدون ناخالصی، بوسیله بالابر به ورودی ماشین لایه‌بردار سایشی منتقل می‌شد. دریچه ورودی ماشین در قسمت بالای آن و دریچه خروجی آن در قسمت پایین ماشین تعبیه شده بود. برای راه‌اندازی این ماشین، توان از یک الکتروموتور سه‌فاز ۱۱ کیلووات (۱۵ اسب‌بخار) بوسیله پولی و تسمه، به محور ماشین منتقل می‌شد.

روی این محور تعدادی لاستیک نصب شده بود که در اثر چرخش محور و سایشی که روی دانه‌های کینوا ایجاد می‌کرد، لایه‌ای از روی دانه‌ها برداشته می‌شد. این لایه که به صورت پودر درآمده بود، بوسیله یک فن به بیرون از محوطه کارگاه منتقل می‌شد. کینوای لایه‌برداری شده (پوست‌گیری شده) از قسمت خروجی ماشین به بیرون منتقل و بوسیله یک بالابر به غربال نهایی، برای جداسازی دانه‌های ریز و درشت از یکدیگر منتقل می‌شد. روی این ماشین فقط دو تنظیم میزان بازشدگی دریچه ورودی و سرعت دورانی محور قابل اجرا بود که به شرح زیر اقدام شد.

به منظور ارزیابی فنی ماشین لایه‌بردار، اثر دو تیمار به شرح زیر، بر درصد شکستگی دانه کینوا، ظرفیت ماشین و درصد کاهش وزن کینوا مورد بررسی قرار گرفت.

۱- تنظیم دریچه ورودی ماشین لایه‌بردار در سه سطح (۱۰ میلی‌متر، ۱۵ میلی‌متر و ۲۰ میلی‌متر)

۲- تنظیم سرعت دورانی محور ماشین لایه‌بردار در سه سطح (۵۵۰، ۶۰۰ و ۶۵۰، ۱۰± دور بر دقیقه)

تنظیم دریچه ورودی روی ۱۰ میلی‌متر و سرعت دورانی ۶۵۰ دور بر دقیقه به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. از رقم متداول کینوا (TTKK) در استان فارس برای اجرای آزمایش استفاده شد. رطوبت دانه کینوا در زمان ورود به کارگاه برای لایه‌برداری، حدود ۷ تا ۸ درصد (بر اساس وزن تر) بود. رطوبت محصول قبل و بعد از اعمال تیمارها اندازه‌گیری شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. از نرم افزار SAS برای آنالیز آماری داده‌ها و از آزمون دانکن برای مقایسه بین میانگین‌ها استفاده شد.

برای تنظیم دریچه ورودی ماشین لایه‌بردار، از یک تیغه متصل به دریچه (که روی آن قسمتی از یک متر نواری نصب شده بود) برای نشان دادن میزان بازشدگی دریچه و یک فلکه برای تنظیم میزان باز بودن

دریچه استفاده شده بود (شکل ۲). با چرخاندن فلکه، تیغه به بیرون یا داخل محفظه حرکت می‌کرد. با بررسی میزان باز بودن دریچه ورودی و عدد متر نواری نصب شده روی تیغه، مشخص شد که وقتی دریچه بسته است، عدد ۱/۵ روی متر نواری مقابل لبه محفظه قرار می‌گیرد. به‌همین ترتیب، برای ۱۰ میلی‌متر باز بودن دریچه عدد ۲/۵، ۱۵ میلی‌متر باز بودن دریچه عدد ۳ و ۲۰ میلی‌متر باز بودن دریچه عدد ۳/۵ روی تیغه تنظیم شد.

شکل ۲- تیغه متصل به دریچه ورودی ماشین و چرخ و فلکه تنظیم آن

برای تغییر سرعت دورانی محور ماشین لایه‌بردار، سرعت دورانی محور الکتروموتور راه‌انداز به وسیله یک دستگاه اینورتر سه‌فاز ۱۱ کیلووات مدل یولیکو[1] تغییر داده شد (شکل ۳). تغییر سرعت الکتروموتور با تغییر فرکانس برق ورودی و توسط دستگاه اینورتر اجرا شد. برای تعیین و ثبت سرعت دورانی محور ماشین نیز، از دورسنج نوری (تاکومتر) استفاده شد (شکل‌های ٤ و ٥). این نوع دورسنج، دارای یک برچسب براق است که روی پولی نصب می‌شود و وقتی پولی در حال چرخش است، بوسیله انعکاس نور تعداد دور را بر حسب دور بر دقیقه نشان می‌دهد.

پس از اجرای آزمایش‌های اولیه مشخص شد که در فرکانس ۵۰ هرتز، سرعت دورانی محور ماشین ٦٦٠ دور بر دقیقه بود. در فرکانس‌های ٤٥ و ٤١ هرتز، به‌ترتیب سرعت دورانی محور ماشین ٦٠٥ و ٥٥٢ دور بر دقیقه بود (فرکانس جریان الکتریکی ورودی به اینورتر بوسیله دکمه‌ای روی اینورتر از صفر تا ۵۰ هرتز قابل تنظیم بود).

1. Yolico, YD101-11 kW-T4.

شکل ۳- الکتروموتور و اینورتر سه فاز ۱۱ کیلووات نصب شده روی ماشین لایه‌بردار

شکل ٤- دورسنج نوری مدل Pantec DTM 30

شکل ٥- استفاده از دورسنج نوری برای تعیین سرعت دورانی محور ماشین

برای اجرای آزمایش، با توجه به ظرفیت ماشین لایه‌بردار (حدود ٤٠٠ کیلوگرم بر ساعت) و مقدار کینوای موجود، مقدار ۳۰ کیلوگرم کینوا در هر آزمایش استفاده شد. با احتساب ۹ تیمار و ۳ تکرار (در مجموع ۲۷ آزمایش) ۸۱۰ کیلوگرم کینوا مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا بوسیله دستگاه‌های غربال و سنگ‌گیر، کاه وکلش و ناخالصی‌های کینوا جدا و تمیز شد. سپس تعداد ۲۷ نمونه ۳۰ کیلوگرمی از کینوا، درون گونی‌های پلاستیکی پس از توزین ریخته شد (شکل ٦). در هر آزمایش ابتدا فرکانس برق

الکتروموتور و دور محور ماشین تنظیم و سپس به‌ترتیب سه تیمار فاصله باز بودن دریچه ورودی (۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی‌متر) تنظیم و در سه تکرار اجرا شد.

شکل ٦- توزین کینوا و تهیه نمونه‌های ۳۰ کیلوگرمی

در هر آزمایش، نمونه‌های ۳۰ کیلوگرمی کینوا بوسیله بالابر به قسمت ورودی ماشین لایه‌بردار منتقل و عملیات پوست گیری انجام شد. در پایان هر آزمایش فاکتورهای مدت زمان لایه‌برداری و وزن کینوای خروجی اندازه‌گیری و از کینوای ورودی و خروجی ماشین لایه‌بردار نیز نمونه یک کیلوگرمی برای اندازه‌گیری فاکتورهای مورد نظر برداشته شد (شکل‌های ۷ و ۸).

شکل ۷- جمع آوری کینوای خروجی در گونی‌های پلاستیکی

شکل ۸- نمونه یک کیلوگرمی برای اندازه‌گیری فاکتورهای مورد نظر

برای تعیین درصد شکستگی دانه کینوا، در هر آزمایش از کینوای خروجی ماشین لایه‌بردار، سه نمونه ۱۰ گرمی (به‌عنوان سه تکرار) گرفته شد. سپس با استفاده از الک آزمایشگاهی دماوند با مش ۱۸ ، دانه‌های سالم از شکسته جداسازی شد. چون دقت جداسازی بوسیله الک فوق حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد بود، نمونه‌ها مجدداً با استفاده از ذره‌بین بازبینی شد. در نهایت این فاکتور مطابق رابطه ۱ بدست آمد.

$$B = \frac{Wa}{Wb} \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن:

B = **شکستگی دانه کینوا (درصد)**

Wa = **وزن دانه‌های شکسته کینوا (گرم)**

Wb = **مجموع وزن دانه‌های سالم و شکسته کینوا (گرم)**

منظور از ظرفیت یا عملکرد یک ماشین کشاورزی، مقدار کار انجام شده به وسیله آن ماشین در واحد زمان است. عملکرد ماشین‌های لایه‌بردار (پوست‌کن) بر حسب جرم ماده در واحد زمان بیان می‌شود، لذا این فاکتور مطابق رابطه ۲ بر حسب تن بر ساعت اندازه‌گیری و محاسبه شد.

$$C = \frac{Wt}{T} \qquad (۲)$$

که در آن:

C = **ظرفیت ماشین (تن بر ساعت)**

Wt = **وزن اولیه نمونه کینوا، ورودی ماشین (تن)**

T = **مدت زمان لازم برای لایه‌برداری (ساعت)**

برای محاسبه درصد کاهش وزن کینوا از رابطه ۳ استفاده شد.

$$WL = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100 \qquad (۳)$$

که در آن:

WL = **درصدکاهش وزن کینوا**

W1 = **وزن کینوای ورودی به ماشین (کیلوگرم)**

W2 = **وزن کینوای خروجی از ماشین (کیلوگرم)**

برای اندازه‌گیری مقدار ساپونین در کینوا، از روش طیف‌سنجی نوری[1] طبق روش گول[2] و همکاران در سال ۲۰۱۲ استفاده شد. جهت تهیه منحنی استاندارد از دیاسوجنین[3] خالص سیگما در طول موج ٤٦٨ نانومتر استفاده شد. جهت استخراج ساپونین از روش اشعه‌دهی مایکروویو طبق روش ونگسانگناک[4] و همکاران در سال ۲۰۰٤ استفاده شد.

1. Spectrophotometry.
2. Goel.
3. Diosgenin.
4. Vongsangnak.

به منظور انتخاب سودمندترین تیمار از لحاظ مالی از تکنیک بودجه بندی جزئی استفاده شد. این روش در مواقعی که مدیر یک واحد تولیدی تغییر جزئی در شیوه مدیریت تولید اعمال می‌کند به کاربرده می‌شود. هدف بودجه‌بندی جزئی عبارت است از سازماندهی و تنظیم اطلاعات به‌نحوی که بتوان با استفاده از آن به یک تصمیم‌گیری خاص در اداره امور تولید دست پیدا کرد. در این رابطه برای اتخاذ تصمیم، محاسبات زیر انجام شد.

۱- افزایش درآمد: افزایش درآمدی که در اثر اعمال تیمار جدید به دست می‌آید.

۲- کاهش مخارج:کاهش مخارجی که در صورت اتخاذ تصمیم جدید دیگر لازم نخواهد بود.

۳- افزایش مخارج: تعیین مخارج متغیر که از عمل به تصمیم جدید ناشی می‌شود.

٤- کاهش درآمد: محاسبه درآمدی که از عمل به تصمیم جدید از دست می‌رود.

در صورتی‌که افزایش درآمد بعلاوه کاهش مخارج بیشتراز افزایش مخارج بعلاوه کاهش درآمد باشد، سود خالص افزایش یافته و تصمیم مورد نظر قابل اجرا است. در غیر اینصورت تصمیم مورد نظر از جهت اقتصادی قابل توجیه نیست (سلطانی و همکاران، ۱۳۸٦).

تحلیل نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌های شکستگی دانه کینوا در جدول ۱ و نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سرعت دورانی، اثر فاصله دریچه، و اثر متقابل این دو بر شکستگی دانه کینوا به‌ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ و شکل ۹ ارائه شده است. نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که اثر سرعت دورانی و فاصله دریچه بر میزان شکستگی دانه کینوا معنی‌دار نشد. در حالی که اثر متقابل سرعت دورانی و فاصله دریچه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس داده‌های شکستگی دانه کینوا در ماشین لایه‌بردار

ردیف	منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار f	سطح احتمال
۱	سرعت دورانی	۲	۲/۰۸۹٦	۱/۰٤٤۸	۱/۳٦	۰/۲۸۲۱ ns
۲	فاصله دریچه	۲	٤/۲۲۷٤	۲/۱۱۳۷	۲/۷۵	۰/۰۹۰۸ ns
۳	اثر متقابل سرعت و دریچه	٤	۱۲/۷٦۱۵	۳/۱۹۰٤	٤/۱۵	۰/۰۱٤۹*
٤	خطا	۱۸	۱۳/۸٤۰۰	۰/۷٦۸۹		

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

نتایج جدول‌های ۲ و ۳ حاکی از آن است که بین میانگین‌های داده‌های شکستگی دانه کینوا در اثر سرعت دورانی و فاصله دریچه، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و از نظر آماری در یک گروه قرار دارند. نتایج شکل ۹ نشان می‌دهد که بیشترین مقدار درصد شکستگی دانه کینوا در تیمار ۳ (سرعت دورانی ۵۵۰ و فاصله دریچه ۲۰) با مقدار ٤/۵ درصد واقع شده است و کمترین مقدار درصد شکستگی دانه کینوا در تیمار ۱ (سرعت دورانی ۵۵۰ و فاصله دریچه ۱۰) با مقدار ۱/۳ درصد وجود دارد.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثر سرعت دورانی بر شکستگی دانه کینوا در ماشین لایه‌بردار

سرعت دورانی	شکستگی

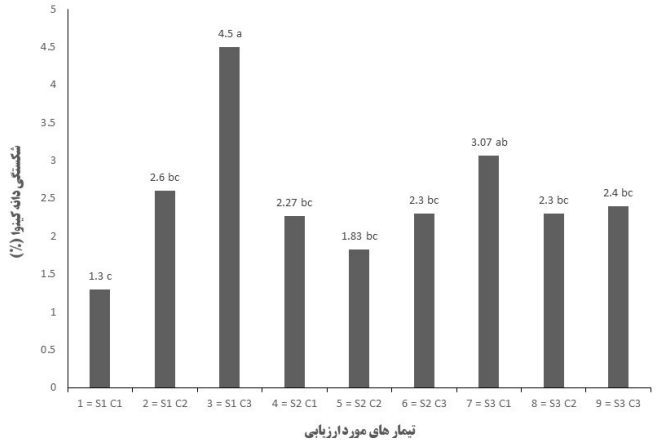
(دور بر دقیقه)	(درصد)
S_1 = ۵۵۰	۲/۸۰۰۰ [a]
S_2 = ٦۰۰	۲/۱۳۳۳ [a]
S_3 = ٦۵۰	۲/۵۸۸۹ [a]

حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثر فاصله دریچه بر شکستگی دانه کینوا در ماشین لایه‌بردار

فاصله دریچه (میلی‌متر)	شکستگی (درصد)
C_1 = ۱۰	۲/۲۱۱۱ [a]
C_2 = ۱۵	۲/۲٤٤٤ [a]
C_3 = ۲۰	۳/۰٦٦۷ [a]

حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.



شکل ۹- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سرعت و دریچه بر شکستگی دانه کینوا در ماشین لایه‌بردار

S_1 = سرعت دورانی ۵۵۰ دور بر دقیقه ; S_2 = سرعت دورانی ٦۰۰ دور بر دقیقه ; S_3 = سرعت دورانی ٦۵۰ دور بر دقیقه

C_1 = فاصله دریچه ۱۰ میلی‌متر ; C_2 = فاصله دریچه ۱۵ میلی‌متر ; C_3 = فاصله دریچه ۲۰ میلی‌متر

در تیمار ۳ ، نمونه کینوای مورد استفاده مربوط به انتهای بوجاری بود و دانه‌های ریز موجود در آن بیش از بقیه نمونه‌ها بود. بنابراین نمی‌توان گفت که میزان شکستگی مربوط به تیمار است یا نمونه ورودی، لذا به‌نظر می‌رسد به این دلیل مقدار شکستگی آنقدر زیاد شده که اثر متقابل سرعت و دریچه را معنی‌دار کرده است. به‌عبارت دیگر این تیمار مانند یک نتیجه پرت ظهور کرده است. در تیمار ۱ ، چون فاصله دریچه ورودی ماشین لایه‌بردار در کمترین مقدار بود و تغذیه کینوا به ماشین با ظرفیت کمتری صورت می‌گرفت و همچنین در سرعت دورانی ۵۵۰ دور بر دقیقه ضربات کمتری به دانه‌های کینوا وارد شده است، بنابراین به‌نظر می‌رسد به این دلیل کمترین مقدار درصد شکستگی در این تیمار واقع شده است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌های ظرفیت ماشین در جدول ٤ و نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سرعت دورانی، اثر فاصله دریچه، و اثر متقابل این دو بر ظرفیت ماشین به‌ترتیب در جدول‌های ۵ و ٦ و شکل ۱۰ ارائه شده است. نتایج جدول ٤ نشان می‌دهد که اثر سرعت دورانی بر ظرفیت ماشین در سطح احتمال ۱

درصد معنی‌دار است و اثر فاصله دریچه و اثر متقابل سرعت و دریچه بر ظرفیت ماشین معنی‌دار نشده است.

جدول ٤- تجزیه واریانس داده‌های ظرفیت ماشین لایه‌بردار

ردیف	منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار f	سطح احتمال
١	سرعت دورانی	٢	٠/٠١٥٨	٠/٠٠٧٩	٦/٩٢	٠/٠٠٥٩ **
٢	فاصله دریچه	٢	٠/٠٠٥٨	٠/٠٠٢٩	٢/٥٤	٠/١٠٧٠ ns
٣	اثر متقابل سرعت و دریچه	٤	٠/٠٠٧٤	٠/٠٠١٨	١/٦١	٠/٢١٥٤ ns
٤	خطا	١٨	٠/٠٢٠٦	٠/٠٠١١		

** معنی‌دار در سطح احتمال ١٪

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

نتایج جدول ٥ حاکی از آن است که بیشترین مقدار ظرفیت ماشین در سرعت‌های دورانی ٦٠٠ و ٦٥٠ دور بر دقیقه با مقادیر ٠/٣٥٥٦ و ٠/٣٤٩٦ تن بر ساعت واقع شده است و کمترین مقدار ظرفیت ماشین در سرعت دورانی ٥٥٠ دور بر دقیقه با مقدار ٠/٣٠١٥ تن بر ساعت وجود دارد. نتایج جدول ٦ نشان می‌دهد که بین میانگین‌های داده‌های ظرفیت ماشین در اثر فاصله دریچه، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و از نظر آماری در یک گروه قرار دارند. در شکل ١٠ بیشترین مقدار ظرفیت ماشین در تیمار ٩ (سرعت دورانی ٦٥٠ و فاصله دریچه ٢٠) با مقدار ٠/٣٨ تن بر ساعت واقع شده است و کمترین مقدار ظرفیت ماشین در تیمار ١ (سرعت دورانی ٥٥٠ و فاصله دریچه ١٠) با مقدار ٠/٢٨ تن بر ساعت وجود دارد.

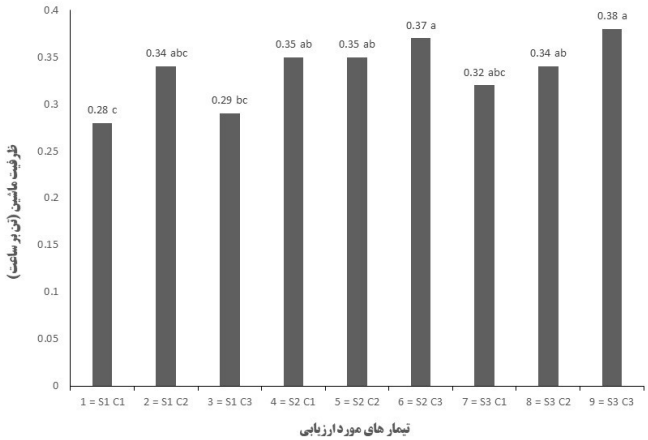
جدول ٥- مقایسه میانگین‌های اثر سرعت دورانی بر ظرفیت ماشین لایه‌بردار

سرعت دورانی (دور بر دقیقه)	ظرفیت ماشین (تن بر ساعت)
S_1 =٥٥٠	٠/٣٠١٥ b
S_2 =٦٠٠	٠/٣٥٥٦ a
S_3 =٦٥٠	٠/٣٤٩٦ a

جدول ٦- مقایسه میانگین‌های اثر فاصله دریچه بر ظرفیت ماشین لایه‌بردار

فاصله دریچه (میلی‌متر)	ظرفیت ماشین (تن بر ساعت)
C_1 = ١٠	٠/٣١٥١ a
C_2 = ١٥	٠/٣٤٣٠ a
C_3 = ٢٠	٠/٣٤٨٦ a

حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سرعت و دریچه بر ظرفیت ماشین لایه‌بردار

S_1 = سرعت دورانی ۵۵۰ دور بر دقیقه ; S_2 = سرعت دورانی ۶۰۰ دور بر دقیقه ; S_3 = سرعت دورانی ۶۵۰ دور بر دقیقه

C_1 = فاصله دریچه ۱۰ میلی‌متر ; C_2 = فاصله دریچه ۱۵ میلی‌متر ; C_3 = فاصله دریچه ۲۰ میلی‌متر

به نظر می‌رسد در تیمار ۹ ، به‌دلیل وجود بیشترین سرعت دورانی و بیشترین مقدار باز بودن دریچه ورودی ماشین لایه‌بردار، میزان تغذیه کینوا به ماشین در حداکثر مقدار خود بوده است، بنابراین بیشترین ظرفیت ماشین در این تیمار واقع شده است. این فاکتور در تیمار ۱ به‌دلیل کمترین سرعت دورانی و کمترین مقدار باز بودن دریچه ورودی ماشین، به حداقل مقدار خود رسیده است و لذا کمترین ظرفیت ماشین در این تیمار اتفاق افتاده است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌های کاهش وزن کینوا در جدول ۷ و نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سرعت دورانی، اثر فاصله دریچه، و اثر متقابل این دو بر کاهش وزن کینوا به‌ترتیب در جدول‌های ۸ و ۹ و شکل ۱۱ ارائه شده است. نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد که اثر سرعت دورانی بر کاهش وزن کینوا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است و اثر فاصله دریچه و اثر متقابل سرعت و دریچه بر کاهش وزن کینوا معنی‌دار نشده است.

جدول ۷- تجزیه واریانس داده‌های کاهش وزن کینوا در ماشین لایه‌بردار

ردیف	منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار f	سطح احتمال
۱	سرعت دورانی	۲	۲۸/۶۳۰۸	۱۴/۳۱۵۴	۷/۱۶	۰/۰۰۵۱ **
۲	فاصله دریچه	۲	۶/۱۵۲۴	۳/۰۷۶۲	۱/۵۴	۰/۲۴۱۴ ns
۳	اثر متقابل سرعت و دریچه	۴	۳/۵۱۷۱	۰/۸۷۹۳	۰/۴۴	۰/۷۷۸۱ ns
۴	خطا	۱۸	۳۵/۹۶۷۶	۱/۹۹۸۲		

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

نتایج جدول ۸ حاکی از آن است که بیشترین مقدار کاهش وزن کینوا در سرعت دورانی ۵۵۰ دور بر دقیقه با مقدار ۱۵/۲۲۲۴ درصد وجود دارد و کمترین مقدار کاهش وزن کینوا در سرعت دورانی ۶۵۰ دور بر دقیقه با مقدار ۱۲/۸۷۷۶ درصد واقع شده است. نتایج جدول ۹ نشان می‌دهد که بین میانگین‌های

داده‌های کاهش وزن کینوا در اثر فاصله دریچه، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و از نظر آماری در یک گروه قرار دارند. در شکل ۱۱ بیشترین مقدار کاهش وزن کینوا در تیمار ۱ (سرعت دورانی ۵۵۰ و فاصله دریچه ۱۰) با مقدار ۱۶/۳۲ درصد واقع شده است و کمترین مقدار کاهش وزن کینوا در تیمار ۸ (سرعت دورانی ۶۵۰ و فاصله دریچه ۱۵) با مقدار ۱۲/۶۸ درصد وجود دارد.

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های اثر سرعت دورانی بر کاهش وزن کینوا در ماشین لایه‌بردار

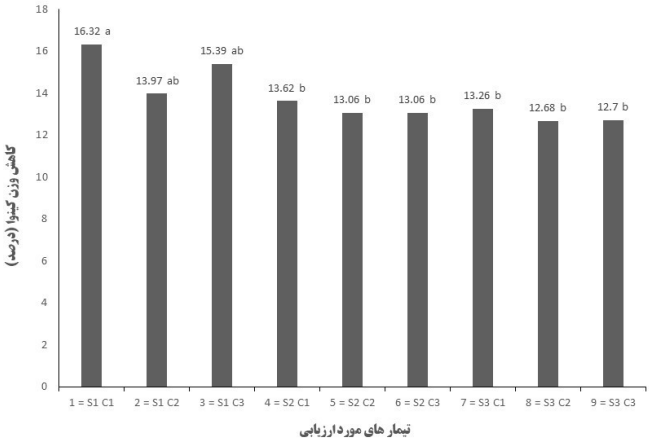
سرعت دورانی (دور بر دقیقه)	کاهش وزن (درصد)
S_1 = ۵۵۰	۱۵/۲۲۲۴ a
S_2 = ۶۰۰	۱۳/۲۴۵۰ b
S_3 = ۶۵۰	۱۲/۸۷۷۶ b

حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۹- مقایسه میانگین‌های اثر فاصله دریچه بر کاهش وزن کینوا در ماشین لایه‌بردار

فاصله دریچه (میلی‌متر)	کاهش وزن (درصد)
C_1 = ۱۰	۱۴/۳۹۶۷ a
C_2 = ۱۵	۱۳/۲۳۳۱ a
C_3 = ۲۰	۱۳/۷۱۵۲ a

حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.



شکل ۱۱- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سرعت و دریچه بر کاهش وزن کینوا در ماشین لایه‌بردار
S_1 = سرعت دورانی ۵۵۰ دور بر دقیقه ; S_2 = سرعت دورانی ۶۰۰ دور بر دقیقه ; S_3 = سرعت دورانی ۶۵۰ دور بر دقیقه
C_1 = فاصله دریچه ۱۰ میلی‌متر ; C_2 = فاصله دریچه ۱۵ میلی‌متر ; C_3 = فاصله دریچه ۲۰ میلی‌متر

به‌نظر می‌رسد در تیمار ۱، به‌دلیل وجود کمترین سرعت دورانی و فاصله دریچه ورودی ماشین، دانه‌های کینوا در مدت زمان بیشتری (حدود ۶ دقیقه) در معرض لایه‌برداری قرار داشتند و لذا بیشترین مقدار کاهش وزن کینوا در این تیمار واقع شده است. در تیمار ۸، دانه‌های کینوا در مدت زمان کمتری (حدود

٤/٦ دقیقه) در معرض لایه‌برداری بوده‌اند، بنابراین کمترین مقدار این فاکتور در تیمار ۸ اتفاق افتاده است.

جمع‌بندی نتایج ارزیابی فنی نشان داد که از نظر درصد شکستگی دانه کینوا، غیر از تیمارهای ۳ (سرعت دورانی ۵۵۰ و فاصله دریچه ۲۰) و ۷ (سرعت دورانی ٦٥٠ و فاصله دریچه ۱۰)، بقیه تیمارها در یک گروه آماری قرار دارند و تفاوت معنی‌داری بین انتخاب یکی از آنها وجود ندارد. از نظر ظرفیت ماشین، بیشترین ظرفیت ماشین در تیمارهای ٦ (سرعت دورانی ٦۰۰ و فاصله دریچه ۲۰) و ۹ (سرعت دورانی ٦٥٠ و فاصله دریچه ۲۰) واقع شده است که البته در یک گروه آماری قرار دارند. از نظر کاهش وزن کینوا، تیمارهای ۸ (سرعت دورانی ٦٥٠ و فاصله دریچه ۱۵) و ۹ (سرعت دورانی ٦٥٠ و فاصله دریچه ۲۰) کمترین مقدار کاهش وزن کینوا را داشتند که البته تفاوت معنی‌داری بین آنها وجود ندارد. با توجه به مطالب فوق می‌توان عنوان نمود که مناسب‌ترین تیمار برای ماشین لایه‌بردار، تیمار ۹ (سرعت دورانی ٦٥٠ و فاصله دریچه ۲۰) است، زیرا بیشترین ظرفیت ماشین و کمترین مقدار کاهش وزن کینوا در این تیمار واقع شده است. از نظر درصد شکستگی دانه کینوا نیز دارای مقدار مناسبی است و با اکثر تیمارهای مورد ارزیابی در یک گروه آماری قرار دارند.

مقدار ساپونین کینوای ورودی (قبل از لایه‌برداری) برابر با ۳/۱۸ درصد بود. پس از لایه‌برداری توسط ماشین، مقدار ساپونین کینوای خروجی به‌طور متوسط به ۰/۲۵ درصد رسید، یعنی ۹۲/۱ درصد کاهش یافت. در تحقیقات ریچرت و همکاران (۱۹۸٦) مشخص شد که درصد کاهش مقدار ساپونین در دستگاه پوست‌کن سایشی، بین ۸۵ تا ۹۵ درصد بود که با نتیجه تحقیق حاضر همخوانی دارد. این مقدار ساپونین در کینوای خروجی (۰/۲۵ درصد) بیش از مقدار استاندارد آن (۰/۱۲ درصد) است (بهارگاوا[1] و سریواستاوا[2]، ۲۰۱۳) و ضرورت دارد که ماشین لایه‌بردار به‌نحوی تنظیم یا بهینه‌سازی شود که به مقدار استاندارد نزدیک شود.

به منظور انتخاب سودمندترین تیمار، ارزش افزوده ایجاده شده توسط هر تیمار محاسبه شد. در این راستا منافع و هزینه‌های غیرمشترک برای تیمارهای مورد آزمایش برآورد شد. منافع حاصل از هر تیمار با حاصل ضرب مقدار کینوای سالم و شکسته پوست‌گیری شده در قیمت آن‌ها محاسبه شد. هزینه‌ها براساس ارزش مقدار کینوای پوست‌گیری نشده بعلاوه هزینه پوست‌گیری کینوای ورودی محاسبه شد.

قیمت هر کیلوگرم کینوای پوست‌گیری نشده و پوست‌گیری شده‌ی سالم طبق اطلاعات اخذ شده از سازمان جهاد کشاورزی استان فارس به‌ترتیب ۱۰۰۰۰۰ و ۲۵۰۰۰۰ ریال و قیمت هر کیلوگرم کینوای شکسته شده ۱۲۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شد. هزینه پوست‌گیری کینوا براساس اطلاعات اخذ شده از مدیرعامل شرکت لیزر برش به ازای مقادیر بالای یک تن ۲۰۰۰۰ ریال و به ازای مقادیر زیر یک تن ۲۵۰۰۰ ریال برای یک کیلوگرم در نظر گرفته شد. به‌منظور لحاظ نمودن زمان در محاسبات، ارزش مقدار کینوای پوست‌گیری شده در یک ساعت برآورد شد. منافع و هزینه‌های غیرمشترک در تیمارهای مختلف در جدول ۱۰ آمده است.

جدول ۱۰ - برآورد منافع و هزینه‌ها در تیمارهای مورد آزمایش

[1]. Bhargava.
[2]. Srivastava.

تیمار	وزن کینوای پوست‌گیری شده سالم (کیلوگرم)	ارزش کینوای پوست‌گیری شده سالم (ریال)	مقدار کینوای شکسته (کیلوگرم)	ارزش کینوای شکسته (ریال)	منافع کل ایجاد شده در هر تیمار (ریال)	هزینه های غیرمشترک در هر تیمار (ریال)
$S_1 C_1$ = ۱	۲٤/۷۱٥	٦۱۷۸۷٥۰/۰	۰/۳۹۰	٤٦۸۰۰	٦۲۲٥٥٥۰/۰	۳۷٥۰۰۰۰
$S_1 C_2$ = ۲	۲٥/۰۳۰	٦۲٥۷٤۱۰/۷	۰/۷۸۰	۹۳٦۰۰	٦۳٥۱۰۱۰/۷	۳۷٥۰۰۰۰
$S_1 C_3$ = ۳	۲۳/۰۳٤	٥۷٥۸٤۱۰/۷	۱/۳٥۰	۱٦۲۰۰	٥۹۲۰٤۱۰/۷	۳۷٥۰۰۰۰
$S_2 C_1$ = ٤	۲٥/۲۳٤	٦۳۰۸٥۸۰/۳	۰/٦۸۰	۸۱٦۰۰	٦۳۹۰۱۸۰/۳	۳۷٥۰۰۰۰
$S_2 C_2$ = ٥	۲٥/٥۳۳	٦۳۸۳۱٦۰/۷	۰/٥٥۰	٦٦۰۰۰	٦٤٤۹۱٦۰/۷	۳۷٥۰۰۰۰
$S_2 C_3$ = ٦	۲٥/۳۹۱	٦۳٤۷۸۳۰/۳	۰/٦۹۰	۸۲۸۰۰	٦٤۳۰٦۳۰/۳	۳۷٥۰۰۰۰
$S_3 C_1$ = ۷	۲٥/۱۰۲	٦۲۷٥٥۸۰/۳	۰/۹۲۰	۱۱۰٤۰۰	٦۳۸٥۹۸۰/۳	۳۷٥۰۰۰۰
$S_3 C_2$ = ۸	۲٥/٥۰۷	٦۳۷٦٦٦۰/۷	۰/٦۹۰	۸۲۸۰۰	٦٤٥۹٤٦۰/۷	۳۷٥۰۰۰۰
$S_3 C_3$ = ۹	۲٥/٤۷۰	٦۳٦۷٥۰۰/۰	۰/۷۲۰	۸٦٤۰۰	٦٤٥۳۹۰۰/۰	۳۷٥۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج به دست آمده از جدول ۱۱ نشان می‌دهد که براساس ارزش افزوده ایجاده شده در یک ساعت توسط تیمارهای مختلف، تیمار ۹ یعنی فاصله دریچه ۲۰ میلی‌متر و سرعت دورانی ٦٥۰ دور بر دقیقه، بیشترین ارزش افزوده را به خود اختصاص داده و از نظر اقتصادی سودمندترین تیمار است. بعد از آن به‌ترتیب تیمارهای ٦ (سرعت دورانی ٦۰۰ و فاصله دریچه ۲۰)، ۸ (سرعت دورانی ٦٥۰ و فاصله دریچه ۱٥)، ٥ (سرعت دورانی ٦۰۰ و فاصله دریچه ۱٥)، ٤ (سرعت دورانی ٦۰۰ و فاصله دریچه ۱۰)، ۲ (سرعت دورانی ٥٥۰ و فاصله دریچه ۱٥)، ۷ (سرعت دورانی ٦٥۰ و فاصله دریچه ۱۰)، ۱ (سرعت دورانی ٥٥۰ و فاصله دریچه ۱۰) و ۳ (سرعت دورانی ٥٥۰ و فاصله دریچه ۲۰) در رتبه‌های دوم تا نهم قرار دارند. محاسبه تغییرات ارزش افزوده نسبت به تیمار شاهد حاکی از آن است که تیمارهای ۹ (سرعت دورانی ٦٥۰ و فاصله دریچه ۲۰)، ٦ (سرعت دورانی ٦۰۰ و فاصله دریچه ۲۰)، ۸ (سرعت دورانی ٦٥۰ و فاصله دریچه ۱٥)، ٥ (سرعت دورانی ٦۰۰ و فاصله دریچه ۱٥)، ٤ (سرعت دورانی ٦۰۰ و فاصله دریچه ۱۰) و ۲ (سرعت دورانی ٥٥۰ و فاصله دریچه ۱٥) به‌ترتیب بالاتر از تیمار شاهد و تیمارهای ۱ (سرعت دورانی ٥٥۰ و فاصله دریچه ۱۰) و ۳ (سرعت دورانی ٥٥۰ و فاصله دریچه ۲۰) پائین‌تر از تیمار شاهد قرار دارند.

استفاده از روش مکانیکی و آسیاب‌های سایشی برای حذف ساپونین دانه کینوا و ارزان‌تر بودن این روش نسبت به سایر روش‌ها (شستشو)، در تحقیقات بکر و هانرز (۱۹۹۱) و بورش (۲۰۰٥) اشاره شده است. در تحقیق حاضر اگرچه روش مکانیکی با سایر روش‌ها مقایسه نشده است، اما مشخص شد که تیمار ۹ بیشترین ارزش افزوده را دارد و از نظر اقتصادی سودمندترین تیمار است. همچنین چون از آب برای حذف ساپونین استفاده نمی‌شود، لذا نسبت به سایر روش‌ها ارزان‌تر است.

جدول ۱۱- رتبه‌بندی تیمارهای مورد آزمایش براساس ارزش افزوده ایجاد شده در هر تیمار

تیمار	منافع کل ایجاد شده در هر تیمار (ریال)	هزینه های کل غیرمشترک در هر تیمار (ریال)	ارزش افزوده ایجاد شده در هر تیمار (ریال)	ارزش افزوده ایجاد شده در یک ساعت (ریال)	رتبه تیمارها	تغییرات ارزش افزوده تیمارها نسبت به شاهد

$S_3 C_3$ = ۹	٦٤٥٣٩٠٠/٠	٣٧٥٠٠٠٠	٢٧٠٣٩٠٠/٠	٣٤٦٣٠٤٤٠/١٧	١	٦٥٣٢٤٣٠/٤٥
$S_2 C_3$ = ٦	٦٤٣٠٦٣٠/٣	٣٧٥٠٠٠٠	٢٦٨٠٦٣٠/٣	٣٣٠٢١٧٦٠/٢٩	٢	٤٩٢٣٧٥٠/٥٧
$S_3 C_2$ = ٨	٦٤٥٩٤٦٠/٧	٣٧٥٠٠٠٠	٢٧٠٩٤٦٠/٧	٣١٠٠١٠٩٠/١٢	٣	٢٩٠٣٠٨٠/٣٩
$S_2 C_2$ = ٥	٦٤٤٩١٦٠/٧	٣٧٥٠٠٠٠	٢٦٩٩١٦٠/٧	٣٠٨٣٠٠٠٠/١٩	٤	٢٧٣١٩٩٠/٤٦
$S_2 C_1$ = ٤	٦٣٩٠١٨٠/٣	٣٧٥٠٠٠٠	٢٦٤٠١٨٠/٣	٣٠٧٢٠٦٤٠/٣٨	٥	٢٦٢٢٦٣٠/٦٦
$S_1 C_2$ = ٢	٦٣٥١٠١٠/٧	٣٧٥٠٠٠٠	٢٦٠١٠١٠/٧	٢٩١٦٥٤٣٠/٤٦	٦	١٠٦٧٤٢٠/٧٣
$S_3 C_1$ = ٧	٦٣٨٥٩٨٠/٣	٣٧٥٠٠٠٠	٢٦٣٥٩٨٠/٣	٢٨٠٩٨٠٠٠/٧٣	٧	٠٠/٠٠
$S_1 C_1$ = ١	٦٢٢٥٥٥٠/٠	٣٧٥٠٠٠٠	٢٤٧٥٥٥٠/٠	٢٢٧١٩٥٧٠/٣٨	٨	-٥٣٧٨٤٣٠/٣٥
$S_1 C_3$ = ٣	٥٩٢٠٤١٠/٧	٣٧٥٠٠٠٠	٢١٧٠٤١٠/٧	١٩٩١٤٤٤٠/٧٩	٩	-٨١٨٣٥٥٠/٩٤

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری

جمع‌بندی نتایج ارزیابی فنی و اقتصادی نشان داد که مناسب‌ترین تیمار برای ماشین لایه‌بردار، تیمار ۹ (سرعت دورانی ٦٥٠ و فاصله دریچه ۲۰) است، زیرا بیشترین مقدار ظرفیت ماشین (۰/۳۸ تن بر ساعت) و کمترین مقدار کاهش وزن کینوا (۱۲/۷ درصد) در این تیمار واقع شده است. از نظر درصد شکستگی دانه کینوا نیز دارای مقدار مناسبی است (۲/٤ درصد) و با اکثر تیمارهای مورد ارزیابی در یک گروه آماری قرار دارند. از جنبه اقتصادی نیز، بیشترین ارزش افزوده مربوط به تیمار ۹ (سرعت دورانی ٦٥٠ و فاصله دریچه ۲۰) بود و سودمندترین تیمار به‌دست آمد. همچنین محاسبه تغییرات ارزش افزوده نسبت به تیمار شاهد (سرعت دورانی ٦٥٠ و فاصله دریچه ۱۰) نیز نشان داد که این تیمار بالاتر از تیمار شاهد است.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از همکاری بسیار خوب و صمیمانه آقای محمد رضا زارعی مدیر عامل شرکت لیزر برش و کارکنان آن شرکت که در اجرای این پژوهشی نهایت همکاری را نمودند تشکر و سپاسگزاری می‌نمایم و از خداوند متعال، سلامتی و توفیق روز افزون برای آنان خواستارم.

مراجع

۱. **باقری، م. ۱۳۹۷. دستنامه زراعت کینوا. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. کرج. ایران.**
۲. **سلطانی، غ.، نجفی، ب. و ترکمانی، ج. ۱۳۸٦. مدیریت واحد کشاورزی. انتشارات دانشگاه شیراز. چاپ پنجم. ص ۳٤٥.**
۳. **شاکر، م. ۱۳۸۷. بررسی اثر تغییر سرعت دورانی روتور سفیدکن سایشی افقی بر خصوصیات تبدیل دو رقم برنج در استان فارس. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۹(٤): ٤٥-٥٦.**
4. AACC. 2000. Approved Methods of AACC. Methods: 08-1, 10-05, 32-20.1, 38-10, 38-12A, 54-10, 54-21, 56-81B (10th ed.). St. Paul, Minn., USA: American Association of Cereal Chemists.
5. Aguilar, R.H., Guevara, L., and Alvarez, J.O. 1979. A new procedure for the quantitative determination of saponins and its application to several types of Peruvian quinoa (Span.) Acta Cient.

6. AOAC. 1998. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (16th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
7. Becker, R., and Hanners, D.G. 1991. Composition and nutritional evaluation of Quinoa whole grain flour and mill fractions. Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, 23:441-444.
8. Bhargava, A., and Srivastava, S. 2013. Quinoa: Botany, Production and Uses. Wallingford: Cabi Publishing-C a B Int.
9. Boersch, M. 2005. Crop Diversification in Alberta: a market opportunity assessment for Quinoa. Presentation to Alberta Agriculture, Food and Rural Development, Edmonton, AB, February 16, 2005.
10. Burnouf-Radosevich, M., and Delfel, N.E. 1984. High performance liquid chromatography of oleanane-type triterpenes. J. Chromatogr, 292:403.
11. Burnouf-Radosevich, M., Delfel, N.E., and England, R. 1985. Gas chromatography-maspectrometry of oleanane-and ursane type triterpenes—application to Chenopodium quinoa triterpenes. Phytochem, 24:2063.
12. Cardoza, A., and Tapia, M. 1979. Nutritive value. Page 149 in: Quinoa and Kaniwa Andean Crops (Span.). M. Tapia, H. Gandarillas, S. Alandia, A. Cardoza, and A. Mujica, eds. Cent. Int. Invest. Desarrolla: Bogota, Columbia.
13. Carmen, M.L. 1984. Acclimatization of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) and canihua (Chenopodium pallidicaule, Aellen) to Finland. Ann. Agric. Fenniae 23:135.
14. Chauhan, T. R., Gupta, R., and Chopra, A.K. 1992. Comparative nutritive value of legume hays fed to adult buffaloes. Journal of Buffalo, 8(3):243-246.
15. Cusack, D. 1984. Quinoa: Grain of the Incas. The Ecologist, 14:21-31.
16. Debruin, A. 1964. Investigation of the food value of quinoa and cannihua seed. J. Food Sci., 29:872.
17. Deshpande, S.S., Sathe, S.K., Cornforth, D., and Salunkhe, D.K. 1982a. Effects of dehulling on functional properties of dry bean flours. Cereal Chemistry, 59:396.
18. Dini, I., Schettino, O., Simioli, T., and Dini, A. 2001. Studies on the constituents of Chenopodium quinoa seeds: Isolation and characterization of new triterpene saponins. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49(2):741-746.
19. Egbuna, C., and Ifemeje, J. 2015. Biological Functions and Anti-nutritional Effects of Phytochemicals in Living System (Vol. 10).
20. Gee, J.M., Price, K.R., Ridout, C.L., Wortley, G.M., Hurrell, R.F., and Johnson, I.T. 1993. Saponins of Quinoa (Chenopodium Quinoa): Effects of processing on their abundance in Quinoa products and their biological effects on intestinal mucosal tissue. Journal of the Science of Food and Agriculture, 63:201-209.
21. Goel, N., Sirohi, S.K., and Dwivedi, J. 2012. Estimation of Total Saponins and Evaluate Their Effect on in vitro Methanogenesis and Rumen Fermentation Pattern in Wheat Straw Based Diet. Journal of Advanced Veterinary Research, 2(2):120-126.
22. Junge, I. 1973. Lupine and Quinoa. Research and development in chile. An. Escuela Ing., Publ. no. I. Univ. Concepcion: Chile.
23. Kon, S., Brown, A.H., Ohanneson, J.G., and Booth, A.N. 1973. Splite peeled beans: preparation and some properties. Journal of Food Science, 38:496.
24. Machicao, E. 1965. The saponins of quinoa. (Span.) Sayana (Bolivia) 4:24.
25. Mahoney, A.W., Lopez, L.G., and Hendricks, D.G. 1975. An evaluation of the protein quality of Quinoa. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 23:190-193.

26. Meyer, B.N., Heinstein, P.F., Burnouf-Radosevich, M., Delfel, N.E., and McLaughlin, J.L. 1990. Bioactivity-Directed Isolation and Characterization of Quinoside A: One of the Toxic/Bitter Principles of Quinoa Seeds (Chenopodium quinoa Willd.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38(1):205-208.
27. Reichert, R.D., Tyler, R.T., York, A.E., Schwab, D.E., Tatarynovich, J.E., and Mwasaru, M.A. 1986a. Description of a product model of the tangential abrasive dehulling device and its application to breeder's samples. Cereal Chemistry, 63:201.
28. Reichert, R.D., Tatarynovich, J.T., and Tyler, R.T. 1986b. Abrasive dehulling of Quinoa (Chenopodium Quinoa): Effect of saponin content as determined by an adapted hemolytic assay. Cereal Chemistry, 63:471-474.
29. Rios, M.L.T., Sgarbieri, V.C., and AMA YA, J. 1978. Chemical and biological evaluation of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Effect of extracting the saponins by heat treatment (Span.). Archives Latinarnericanos de Nutricion, 28:253.
30. Ruiz, A.W. 1979. Determination of oleanolic acid in quinoa by gas-liquid chromatography (Chenopodium quinoa Willd.cv, Kancolla) (Span.). Boletin Sociedad Quimica Peru, 45: 266.
31. Varriano-Marston, E., and DeFrancisco, A. 1984. Ultrastructure of Quinoa Fruit (Chenopodium quinoa Willd. Food Structure, 3(2):Article 9.
32. Vongsangnak, W., Gua, J., Chauvatcharin, S., and Zhong, J. 2004. Towards efficient extraction of notoginseng saponins from cultured cells of Panax notoginseng. Biochemical Engineering Journal, 18(2):115-120.
33. Weber, E.J. 1978. The Inca's ancient answer to food shortage. Nature 272:486.

Technical and economical evaluation of quinoa abrasive peeling machine and determination of the optimal conditions for its use

Shaker, M.[1*], Jokar, A.[1], Mohammadi, D.[2], Alavimanesh, S.M.[3], and Zarei, M.R.[4]

1. Faculty Member, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extention Organization, Shiraz, Iran
2. Faculty Member, Economic, Social and Extension Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extention Organization, Shiraz, Iran
3. MSc, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extention Organization, Shiraz, Iran
4. Managing Director of Shiraz Laser Boresh Company

Abstract

In the outer layers, most of the quinoa genotypes contain the Saponin substance, which is removed by various methods during the processing stage due to its anti-nutritional properties. Recently, Shiraz Laser Boresh Company has designed and manufactured an abrasive peeling machine to remove saponin from quinoa grain, and the evaluation of the above machine from a technical and economical point of view was the aim of the present study. For technical evaluation, the effects of two factors including inlet valve opening and rotational

speed of the machine shaft on grain breakage, machine capacity and grain weight loss were investigated. The study was performed in the form of a factorial experiment with three replications based on completely randomized experimental design. Duncan's multiple range tests was also used to compare the treatments means. In order to select the most economic treatment, partial budgeting technique was used. Results showed that the most suitable treatment for peeling machine was treatment 9 (rotational speed of 650 rpm and valve opening of 20 mm). In this setting, the highest amount of machine working capacity (0.38 tons per hour) and the lowest amount of quinoa weight loss (12.7%) was observed. This treatment had also a reasonable amount of grain breakage percentage (2.4%). From the economic point of view, the highest added value and beneficial were obtained in treatment 9.

Keywords: Quinoa, Saponification, Abrasive peeler, Nutritional value

*Corresponding author
E-mail: m.shaker@areeo.ac.ir