



## بررسی ترکیب شیمیایی، تولید گاز دانه خلر فرآوری شده با روش‌های مختلف حرارتی

حسین راست پور<sup>۱</sup>، علیرضا وکیلی<sup>۲</sup>، عباسعلی ناصریان<sup>۳</sup>، محسن دانش مسگران<sup>۳</sup>، رضا ولی زاده<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری تغذیه دام پردیس بین الملل،

<sup>۲</sup> دانشیار تغذیه دام گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

<sup>۳</sup> استاد تغذیه دام گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

نویسنده مسئول: سید علیرضا وکیلی ایمیل: savakili@um.ac.ir

### چکیده

این مطالعه به منظور بررسی اثرات فرآوری دانه خلر با روش‌های مختلف حرارتی بر ترکیب شیمیایی، فرآینجهای تولید گاز در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل (۱) دانه خلر فرآوری نشده (شاهد)، (۲) اتوکلاو شده در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، (۳) تونل حرارتی گذاری شده در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد، (۴) تونل حرارتی گذاری شده در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، (۵) آون گذاری در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، (۶) اکسترود شده در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و (۷) برشه شده در دمای ۱۸۰ درجه بودند. تایج نشان داد که ماده خشک، خاکستر، پروتئین خام، انرژی خام، چربی خام، کلسیم و فسفر تحت تأثیر روش‌های مختلف فرآوری قرار نگرفت ( $P > 0.05$ ). اما مقدار ADF و NDF با روش‌های فرآوری حرارتی به طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود ( $P < 0.05$ ). اتوکلاو کردن، اکسترود کردن و تونل حرارتی گذاری در هر دو دمای ۱۲۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد سبب کاهش غلظت تانن و کل ترکیبات فنلی در دانه خلر گردید ( $P < 0.05$ ). فرآیندهای اکسترود کردن در ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، اتوکلاو کردن در ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و برشه کردن منجر به کاهش میزان تولید گاز در ساعت‌های اولیه انکوباسیون شدند، اما افزایش نرخ و میزان تولید گاز در ساعت‌های پایان انکوباسیون اتفاق افتاد ( $P < 0.05$ ).

**واژه‌های کلیدی:** خلر، فرآوری حرارتی، تولید گاز، اکسترود، ترکیب شیمیایی

### مقدمه

در کشور ایران به دلیل افزایش نوسانات قیمت نهاده‌های دامی و بروز مشکلاتی چون خشکسالی‌های متناوب و تحریم‌ها، استفاده از روش‌های مناسب برای حفظ یا بهبود تولیدات دامی ضروری می‌باشد. تأمین انرژی و پروتئین در جیره‌ی دامها به دلیل گران بودن منابع تأمین کننده‌ی آن، بیشترین هزینه خوراک مصرفی را شامل می‌شود، بنابراین باید دنبال منابع جدید داخلی و ارزان قیمت در جهت کاهش هزینه‌ها و عدم وابستگی بود. دانه گیاه خلر (*lathyrus sativus*) یکی از بقولات دانه‌ای و منبع خوب پروتئین می‌باشد که می‌تواند جایگزین مناسب کنجاله سویا شود و این گیاه در شرایط آب و هوایی خشک و در خاکهای قلایی به خوبی رشد می‌کند (۱).

### مواد و روش‌ها

#### فرآوری دانه خلر

در فرآیند اتوکلاو از دستگاه اتوکلاو ریحان طب با ظرفیت ۷۵ لیتر استفاده شد و مقدار ۲ کیلوگرم نمونه داخل دستگاه گذاشته شد، و سپس در حرارت ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شد.

در فرآوری با استفاده از تونل حرارتی مقدار ۱ کیلوگرم از دانه خلر داخل ظرف آلومینیومی قرار گرفته و به مدت ۲۰ دقیقه در تونل حرارتی الکتریکی با دمای ۱۲۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب برای تیمار ۳ و ۴ حرارت داده شد. لازم به ذکر است در فرآوری خلر توسط تونل حرارتی با دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد تغییر رنگ دانه به سمت قهوه ای شدن اتفاق افتاد.

به منظور فرآوری در آون، مقدار ۱ کیلوگرم دانه خلر داخل ظرف آلومینیومی منتقل و سپس به درون آون با دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار داده شد و سپس از آون خارج و سرد شدند.

در فرآیند اکسترود، ابتدا دانه خلر بوسیله آسیاب با توری ۲ میلی‌متر آسیاب شد. سپس رطوبت محصول با افزودن آب و مخلوط کردن آن به ۲۰ درصد افزایش یافت. با استفاده از دستگاه اکسترودر (مدل Pasen, PDXY85, China) مواد آسیاب شده در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد در طی عبور از



میان شافت و با فشار بالای تا ۸۰ بار پخته شدند. دمای رسیدن مواد به دای تا ۱۷۰ درجه سانتیگراد افزایش یافت و سپس به دلیل عبور از میان روزندهای دای و رو برو شدن با دما و فشار پایین اتمسفر عمل اکسپند شدن یا پفكی شدن اتفاق افتاد.

جهت برتری کردن خلر، مقدار یک کیلوگرم دانه پس از توزین به داخل ظرف چدن ریخته شد و با حرارت مستقیم گاز شهری فرآوری شد در حین حرارت دادن دانه خلر مخلوط می‌شد تا حرارت به تمام نقاط دانه برسد و به مخصوص اینکه رنگ کرمی به خود گرفت حرارت قطع شد.

تمامی نمونهای با استفاده از آسیاب با توری ۱ و ۲ میلی‌متر آسیاب شدند و درون ظروف مخصوص نمونه‌گیری تا زمان انجام آزمایش‌های مورد نظر نگهداری شدند.

### ترکیبات شیمیایی و مواد خسته‌گذیه‌ای

تجزیه تقریبی دانه خلر فرآوری شده با روش‌های مختلف شامل ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام، کلسیم و فسفر با استفاده از روش (۲)AOAC انجام شد.

مقدار کل ترکیبات فنولی بر اساس روش فولین شیکالتو (Folin and Ciocalteu) اندازه‌گیری شد.

### پتانسیل و نرخ لحظه‌ای تولید گاز

آزمایش تولید گاز بر اساس روش منک و استینگاس (۱۹۸۸) انجام شد. فشار گاز تولیدی با استفاده از دستگاه فشارسنج در ساعت ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ انکوباسیون قرائت شد.

### تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با رویه GLM و توسط نرمافزار SAS (۲۰۰۳) نسخه ۹/۱ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

## نتایج و بحث

### ترکیبات شیمیایی

جدول (۱) ترکیب شیمیایی دانه خلر فرآوری شده با روش‌های مختلف حرارتی را نشان می‌دهد. ماده خشک، خاکستر، پروتئین خام، انرژی خام، چربی خام، کلسیم و فسفر تحت تأثیر روش‌های مختلف فرآوری قرار نگرفت ( $P > 0.05$ ). اما مقدار ADF و NDF با روش‌های فرآوری حرارتی به طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود ( $P < 0.05$ ). روش تونل حرارتی‌گذاری در دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد سبب کاهش معنی‌دار در مقدار ADF و NDF نسبت به سایر روش‌های فرآوری حرارتی شد که به احتمال زیاد به دلیل سوختن دیواره سلولی دانه خلر در دمای بالا است که منجر به کاهش مقدار سلولز و همی سلولز شده است. میزان ماده خشک، خاکستر، پروتئین خام و چربی خام در دانه خلر در مطالعه حاضر با مطالعات رزم آذر و همکاران (۲۰۱۲) همخوانی داشت، اما مقادیر ADF و NDF دانه خلر در مطالعه حاضر بیشتر از مطالعه آن محققین بدست آمد. آلتور و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که میانگین پروتئین خام دانه خلر ۳۲/۵ درصد بود و تفاوت بین مطالعات را به ژنتیک واریته دانه خلر نسبت دادند. همچنین این محققین بیان کردند که پروتئین دانه خلر نسبت به دانه سویا کمتر بود، اما مقادیر ADF، NDF و خاکستر دانه خلر مشابه با دانه سویا بود. خراسانی و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که مقدار پروتئین، انرژی، چربی و کلسیم و فسفر در دانه سویای خام، برشه شده و اکسترود شده اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین خراسانی و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که مقادیر ADF و NDF تحت تأثیر فرآیند اکسترود و برتری شدن دانه سویا قرار نگرفت، در حالیکه در مطالعه حاضر شاخص‌های فیبری دانه خلر با فرآوری حرارتی نسبت به دانه خلر خام کاهش معنی‌داری داشت. در مطالعه حاضر بخش‌های نیتروژنی دانه خلر هنگام فرآوری با روش‌های مختلف حرارتی اندازه‌گیری نشد، اما مطالعات خراسانی و همکاران (۲۰۰۰) نشان داد که فرآوری حرارتی اکسترود و برتری شدن مقدار نیتروژن غیر پروتئینی و افزایش میزان پروتئین حقیقی در دانه سویا گردید که نشان دهنده افزایش میزان پروتئین عبوری هنگام فرآوری دانه سویا با حرارت است. فتح نیا و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که حرارت دادن سویا بر مقدار ماده آلی اثری نداشت، اما فرآوری حرارتی سبب افزایش درصد ماده خشک، پروتئین خام و عصاره اتری دانه سویا در مقایسه با سویای خام شد و به گزارش آنها تفاوت در محتوای پروتئین خام و ماده خشک میتواند به ترتیب بیانگر تفاوت در روش فرآوری و اثر حرارت بر تبخیر آب موجود در دانه سویا باشد. مقادیر کلسیم و فسفر دانه خلر در مطالعه حاضر نسبت به مطالعه ریاسی و همکاران (۲۰۱۴) کمتر بود. طحان و همکاران (۲۰۱۲) اثر پرتوتابی الکترونی بر فراسنجه‌های تجزیه پذیری و قابلیت هضم شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام کنجاله سویا، کنجاله کلزا و دانه خلر با مقادیر ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری بررسی کردند. پرتوتابی بر مقدار ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام و خاکستر مواد خواراکی اثری نداشت.



جدول ۱- ترکیب شیمیایی دانه خلر فرآوری شده با روش‌های مختلف حرارتی

Table 1- Chemical composition of *Lathyrus sativus* with different thermal processing methods

روش‌های مختلف فرآوری Different processing methods	ماده خشک Dry matter (%)	پروتئین (%) Protein (%)	انرژی خام کیلوکالری) Gross Energy (kcal)	چربی (%) Fat (%)	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (%) ADF (%)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (%) NDF (%)	کلسیم (%) Calcium (%)	فسفور (%) Phosphorus (%)	
	خشک Dry matter (%)	خاکستر (%) Ash (%)	پروتئین (%) Protein (%)	انرژی خام کیلوکالری) Gross Energy (kcal)	چربی (%) Fat (%)	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (%) ADF (%)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (%) NDF (%)	کلسیم (%) Calcium (%)	فسفور (%) Phosphorus (%)
بدون فرآوری No processing	92.33	3.65	27.44	3770	2.96	35.44 <sup>a</sup>	48.13 <sup>a</sup>	0.19	0.34
اتوکلاو ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد Autoclaved at 120 °C	93	2.80	26.81	3828	2.07	34.10 <sup>b</sup>	42.33 <sup>b</sup>	0.20	0.30
اکسترود ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد Extruded at 110 °C	94.21	3.20	27.12	3984	2.77	34.21 <sup>b</sup>	43.07 <sup>b</sup>	0.30	0.31
آون ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد Oven drying at 100°C	97.66	2.97	26.72	3730	2.33	34.38 <sup>b</sup>	41.83 <sup>bc</sup>	0.30	0.30
تونل حرارتی ۱۲۰ درجه Furnace at 120 °C	97.92	2.97	26.68	3794	2.38	33.42 <sup>b</sup>	37.91 <sup>c</sup>	0.20	0.32
تونل حرارتی ۲۰۰ درجه Furnace at 200 °C	99.12	2.73	26.89	4045	2.47	27.45 <sup>c</sup>	29.41 <sup>d</sup>	0.20	0.32
برشته شده Roasted	99.1	3.03	26.94	3857	2.81	31.26 <sup>bc</sup>	32.37 <sup>c</sup>	0.30	0.35
خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	2.114	1.147	1.098	210	0.685	0.139	0.121	0.012	0.028
سطح معنی‌داری P-Value	0.219	0.487	0.089	0.198	0.296	0.028	0.019	0.419	0.327

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد ( $P < 0.05$ ).Means within same column with different superscripts differ ( $P < 0.05$ ).

دانه خلر فرآوری نشده و فرآوری شده در آون ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تفاوتی در کل ترکیبات فنلی و مقدار تانن نشان ندادند ( $P > 0.05$ ), اما اتوکلاو و اکسترود کردن به طور مشابه‌ای سبب کاهش مقدار ترکیبات فنلی موجود در دانه خلر نسبت به شاهد شدند ( $P < 0.05$ ). همچنین روش تونل حرارتی در ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و برشته کردن حتی بیشتر از اتوکلاو و اکسترود کردن سبب کاهش کل ترکیبات فنلی شد. مقدار تانن دانه خلر با روش‌های اکسترود، تونل حرارتی ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و برشته کردن به طور معنی‌داری کمتر از مقدار تانن موجود در دانه خلر شاهد و فرآوری شده در آون ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد بود ( $P < 0.05$ ). فرآوری دانه خلر در تونل حرارتی با دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به سایر روش‌های فرآوری حرارتی مقدار تانن و کل ترکیبات فنلی را به طور معنی‌داری کاهش داد ( $P < 0.05$ ).

### پتانسیل و نرخ لحظه‌ای تولید گاز

میزان تولید گاز در ساعت مختلط انکوباسیون و ثابت نرخ تولید گاز به طور معنی‌داری تحت تأثیر روش‌های مختلف فرآوری حرارتی قرار گرفت ( $P < 0.05$ ) (جدول ۳). در ساعت اولیه انکوباسیون (۲ و ۸ ساعت) مقدار تولید گاز در دانه خلر فرآوری نشده و فرآوری شده در آون ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد مشابه و بالاتر از روش اتوکلاو، تونل حرارتی در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و برشته کردن بود. اکسترود کردن میزان تولید گاز را در ساعت اولیه انکوباسیون نسبت به همه روش‌های فرآوری به جز تونل حرارتی گذاری در ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد کاهش داد ( $P < 0.05$ ). روش تونل حرارتی گذاری در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد تولید گاز در ساعت اولیه انکوباسیون را به شدت کاهش داد ( $P < 0.05$ ). در زمان ۱۲ و ۲۴ ساعت خلر اکسترود مقدار تولید گاز را نسبت به ساعت اولیه انکوباسیون افزایش داد و تا ساعت ۹۶ انکوباسیون این روند ادامه یافت. همچنین روش اتوکلاو در ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد نیز چنین روندی را نشان داد. اما خلر بدون فرآوری و تونل حرارتی گذاری شده در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد در



ساعات انتهایی انکوباسیون مقدار تولید گاز کمتری نسبت به ساعات اولیه نشان دادند. روش برشته کردن نیز در ساعات ابتدایی انکوباسیون مقدار گاز کمتری تولید کرد، ولی در زمان ۷۲ و ۹۶ ساعت انکوباسیون مقدار تولید گاز را افزایش دادند. روش تونل حرارتی گذاری در ۲۰۰ درجه سانتی گراد در همان ساعات اولیه انکوباسیون و تا انتهای زمان انکوباسیون مقدار گاز کمتری نسبت به سایر روش‌ها تولید کرد. نرخ تولید گاز در هر دو روش اکسترود در ۱۱۰ درجه سانتی گراد و اتوکلاو در ۱۲۰ درجه سانتی گراد بالاتر از روش‌های بدون فرآوری، آون ۱۰۰ درجه سانتی گراد و تونل حرارتی ۱۲۰ درجه سانتی گراد بود. نرخ تولید گاز در خلر فرآوری شده با روش تونل حرارتی گذاری در ۲۰۰ درجه سانتی گراد نسبت به سایر روش‌ها به طور معنی‌داری کمتر بود ( $P<0.05$ ).

در مطالعه حاضر روش اکسترود، اتوکلاو و به مقدار کمتر برشته کردن سبب کاهش تخمیر در ساعات اولیه انکوباسیون و افزایش تخمیر از ساعت ۲۴ تا انتهای زمان انکوباسیون شد. این نتایج در راستای مطالعات خراسانی و همکاران (۲۰۰۰) بود که گزارش کردند فرآیندهای حرارتی سبب افزایش بخش کند تجزیه و کاهش در تجزیه پذیری مؤثر ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا می‌شود.

## جدول ۲- مقدار ترکیبات فنولیک و تانن موجود در دانه خلر فرآوری شده به روش‌های مختلف حرارتی

**Table 2-** Polyphenolic composition and tannin percentage of *Lathyrus sativus* with different thermal processing methods

روش‌های مختلف فرآوری Different processing methods	ترکیبات فنلی (%) Polyphenolic composition (%)	تانن (%) Tannin (%)
بدون فرآوری No processing	0.56 <sup>a</sup>	0.34 <sup>a</sup>
اتوکلاو ۱۲۰ درجه سانتی گراد Autoclaved at 120 °C	0.44 <sup>b</sup>	0.24 <sup>b</sup>
اکسترود ۱۱۰ درجه سانتی گراد Extruded at 110 °C	0.39 <sup>b</sup>	0.14 <sup>c</sup>
آون ۱۰۰ درجه سانتی گراد Oven drying at 100°C	0.56 <sup>a</sup>	0.34 <sup>a</sup>
تونل حرارتی ۱۲۰ درجه سانتی گراد Furnaced at 120 °C	0.27 <sup>c</sup>	0.16 <sup>c</sup>
تونل حرارتی ۲۰۰ درجه سانتی گراد Furnace at 200 °C	0.18 <sup>d</sup>	0.10 <sup>d</sup>
برشته شده Roasted	0.29 <sup>c</sup>	0.17 <sup>c</sup>
خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	0.101	0.118
سطح معنی‌داری P-Value	0.034	0.028

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد ( $P<0.05$ ).

Means within same column with different superscripts differ ( $P<0.05$ ).

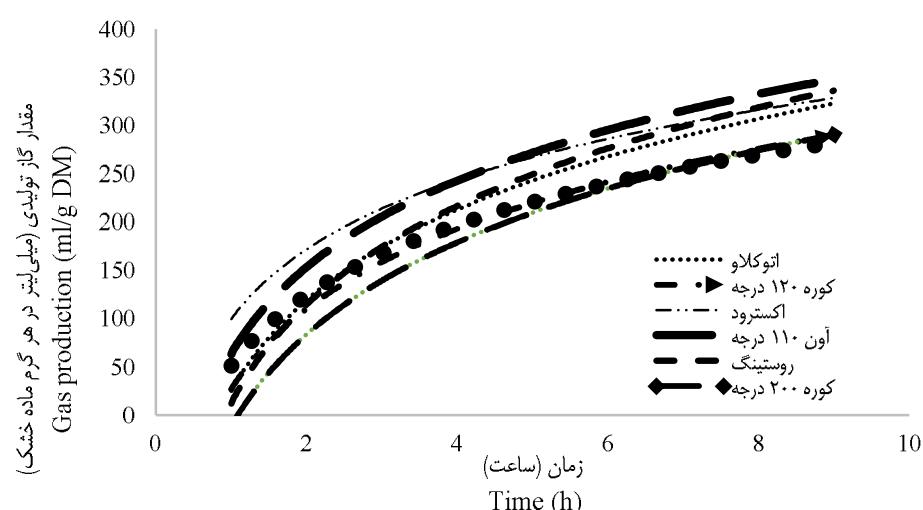
**جدول ۳- میزان تولید گاز (میلی لیتر در گرم ماده خشک) در زمان‌های مختلف و ثابت نرخ تولید گاز (میلی لیتر در گرم ماده خشک در ساعت) در دانه خلر فرآوری شده با روش‌های مختلف حرارتی**

**Table 3-** Gas production (ml/g DM) and rate of gas production (ml/h/g DM) in *Lathyrus sativus* with different thermal processing methods

روش‌های مختلف فرآوری Different process	2	8	12	24	48	72	96	نرخ تولید گاز rate of gas production
بدون فرآوری No processing	82.48 <sup>a</sup>	187.30 <sup>a</sup>	199.39 <sup>b</sup>	236.48 <sup>b</sup>	269.35 <sup>ab</sup>	285.11 <sup>b</sup>	291.79 <sup>b</sup>	0.08 <sup>b</sup>
اتوکلاو ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد Autoclaved at °C	57.76 <sup>b</sup>	173.37 <sup>b</sup>	198.86 <sup>b</sup>	277.86 <sup>ab</sup>	317.95 <sup>b</sup>	332.38 <sup>a</sup>	340.13 <sup>a</sup>	0.10 <sup>a</sup>
اکسترود ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد Extruded at 110 °C	41.19 <sup>c</sup>	162.40 <sup>c</sup>	231.10 <sup>a</sup>	298.13 <sup>a</sup>	338.48 <sup>a</sup>	337.99 <sup>a</sup>	349.48 <sup>a</sup>	0.13 <sup>a</sup>
آون ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد Oven drying at 100°C	84.38 <sup>a</sup>	227.61 <sup>a</sup>	251.53 <sup>a</sup>	298.82 <sup>a</sup>	333.30 <sup>a</sup>	343.98 <sup>a</sup>	354.67 <sup>a</sup>	0.08 <sup>b</sup>
تونل حرارتی ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد Furnace at 120 °C	58.58 <sup>b</sup>	175.85 <sup>b</sup>	182.46 <sup>b</sup>	266.84 <sup>b</sup>	286.08 <sup>b</sup>	290.09 <sup>b</sup>	296.24 <sup>b</sup>	0.09 <sup>b</sup>
تونل حرارتی ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد Furnace °C	20.60 <sup>d</sup>	127.10 <sup>d</sup>	147.80 <sup>c</sup>	229.76 <sup>c</sup>	230.69 <sup>c</sup>	292.87 <sup>b</sup>	289.44 <sup>b</sup>	0.04 <sup>d</sup>
برشته شده Roasted	57.5 <sup>b</sup>	171.18 <sup>b</sup>	201.01 <sup>b</sup>	280.28 <sup>ab</sup>	339.99 <sup>a</sup>	348.16 <sup>a</sup>	361.79 <sup>a</sup>	0.06 <sup>c</sup>
میانگین خطا ای استاندارد SEM	5.874	19.948	21.345	25.211	30.128	31.214	32.109	0.003
سطح معنی داری P-Value	0.001	0.009	0.008	0.029	0.030	0.048	0.046	0.039

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار بین تیمارها می‌باشد ( $P<0.05$ ).

Means within same column with different superscripts differ ( $P<0.05$ ).



**شکل ۱ -** روند تولید گاز دانه خلر فرآوری شده و فرآوری شده با روش‌های مختلف حرارتی

Figure 1- Gas production trend in *Lathyrus sativus* with different thermal processing methods



### نتیجه‌گیری

آزمایشات *in vitro* و *in situ* در مطالعه حاضر نشان داد که فرآیندهای اکسترود کردن در ۱۱۰ درجه سانتیگراد، اتوکلاو کردن در ۱۲۰ درجه سانتیگراد و برشه کردن منجر به کاهش میزان تولید گاز در ساعت‌های اولیه انکوباسیون و کاهش هضم پروتئین دانه خلر در شکمبه می‌شوند، اما افزایش نرخ و میزان تولید گاز در ساعت‌های پایان انکوباسیون و افزایش قابلیت هضم روده‌ای و کل دستگاه گوارش برای پروتئین خام نشان دهنده تغییر مکان هضم پروتئین از شکمبه به سمت روده باریک است. همچنین نتایج مطالعات ما در تأیید مطالعات سایرین سبب کاهش غلظت تانن کل و ترکیبات فنلی کل در دانه خلر گردید.

### منابع

- Amirabadi, Z., A. Riasi., H. Janmohammadi., H. Farhangfar., M. H. Fathi Nasri. 2010. The Effect of Raw and Heated Grass Pea (*Lathyrus sativus*) Seed on Growth Performance and some Blood Metabolites of Broiler Chickens. *Animal Science Researches*, 20 (4): 53-66. (In Persian).
- AOAC. 1995. Official methods of analysis. (16th ed). Arlington VA., Association of Official Analytical Chemists.
- Fatahnia, F., S. G. Mosavi., E. Abdi., and A. N. Shokri. 2014. Effect of Roasting and Extruding on Nitrogen Fractions and Ruminal Degradability of Soybean Seed Protein. *Research on Animal Production*, 5(10): 84-97. (In Persian).
- Khorasani, H., M. Bashtani., A. Foroughi., H. FarhangFar., and F. Ganji. 2020. Effects of roasting and extruding heat processes on chemical composition, degradability fractions and intestinal digestibility of dry matter and crude protein of whole soybeans. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 11 (4): 399-412.
- Makkar, H. P. S. 2005. In vitro Gas Methods for Evaluation of Feeds Containing Phytochemicals. *Animal Feed Science and Technology*, 123: 365-377.
- Menke, H. H., and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research Development*, 28: 7-55.
- Nowak, W., S. Michalak, and S. Wylegala. 2005. In situ evaluation of ruminal degradability and intestinal digestibility of extruded soybeans. *Czech. Journal of Animal Science*, 50: 281-287.
- Peng, H. H. and Brooker, J. D. 2000. Isolation of ODAP-degrading Bacteria from the Sheep Rumen. *Lathyrus Lathyridm Newsletter*, 1: 33.
- Ramachandran, S., and A. K. Ray. 2008. Effect of Different Processing Techniques on the Nutritive Value of Grass Pea, *Lathyrus sativus L.*, Seed Meal in Compound Diets for Indian Major Carp Rohu, Labeo Rohita (Hamilton), Fingerling. *Archives of Polish Fisheries*, 16: 189-202.
- Razm-Azar, V., N. M. Torbatinejad., J. Seifdavati., and S. Hassani. 2012. Evaluation of chemical characteristics, rumen fermentation and digestibility of *Vicia sativa*, *Lathyrus sativus* and *Vicia ervilia* grain by in vitro methods. *Journal of Animal Science Researches*, 22(2):107-119. (In Persian).
- Riasi, A., M. Golizadeh., M. H. Fathi., N. Asadzadeh., and A. Taghizadeh. 2014. Determination of the Nutritive Value of Unheated vs. Heat Processed Grass Pea Seed in Ruminants. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16: 527-536.
- Sadeghi, A. A., A. Nikkhah., and P. Shawrang. 2005. Effects of heat processing on ruminal protein degradation of soybean meal. *Journal of Agricultural Sciences*, 11(3): 189-200.
- SAS, 2003. Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sharma, A., M. Kalia., and S. R. Malhotra. 2003. Effect of antinutritional factors in Khesari seeds (*Lathyrus sativus*) on the biological performance of chickens. *Lathyrus Lathyridm*, 3: 1-3.
- Tadelle, D., Y. Alemu., D. Nigusie., and K. J. Peters. 2003. Evaluation of Processing Methods on the Feeding Value of Grass Pea to Broilers. *International Journal of Poultry Science*, 2(2): 120- 127.
- Tahan, G., M. H. Fathi Nasri., A. Riasi., M. Behgar., and H. Farhangfar. 2012. The effect of electron irradiation on the parameters of degradability and ruminal and post-ruminal digestibility of dry matter and crude protein of some plant protein sources. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 3(4): 422-434.
- ZeidAli-Nejad, A., G. R. Ghorbani., S. Kargar., A. Sadeghi-Sefidmazgi., A. Pezeshki., and M. H. Ghaffari. 2018. Nutrient intake, rumen fermentation and growth performance of dairy calves fed extruded full-fat soybean as a replacement for soybean meal. *Animal*, 12(4): 733-740.