دانشکده علوم

گروه زیست شناسی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

علوم گیاهی (گرایش فیزیولوژی گیاهی)

موضوع:

مطالعه ترکیبات فنولی، فعالیت آنتی اکسیدانی، آلفا توکوفرول و آنالیز اسید های چرب در تخم چند گونه کدو(*Cucurbitaceae*)

اساتید راهنما:

دکتر رضا حیدری

دکتر رشید جامعی

استاد مشاور:

دکتر عبدالله حسن زاده قورت تپه

تنظیم و نگارش:

فریماه باغداران

بهمن ۹۲

حق چاپ و نشر برای دانشگاه ارومیه محفوظ است.

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

چکیده..... ۱

فصل اول: کلیات .....

۱-۱-گیاه شناسی کدو.....۲

۱-۲-۱- رده بندی.....۳

۱-۲-۲- اسامی علمی و فارسی گونه های مورد بررسی..... ۴

۱-۲-۳- واژه شناسی.....۵

۱-۳- خواص درمانی کدو ۶

۱-۴-۱- بیوسنتز ترکیبات فنولی و عملکرد آنها ۸

۱-۴-۲- نقش ترکیبات فنولی در سلامتی انسان ۱۴

۱-۵- رادیکال های آزاد و پاد اکساینده ها.....۱۴

۱-۶- اسیدهای چرب.....۱۵

۱-۶- ۱- نامگذاری اسیدهای چرب.....۱۵

۱-۶-۲- اسیدهای چرب اشباع شده ۱۷

۱-۶-۳- اسیدهای چرب اشباع نشده ۱۷

۱-۷- ترکیب اسیدهای چرب موجود در برخی روغن های گیاهی..... ۱۷

۱-۷-۳- لیست اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع ۱۸

۱-۸- ویتامین E (آلفا توکوفرول) ۱۹

فصل دوم : مواد و روش ها .....

۲-۱- فراهم کردن مواد گیاهی ۲۰

۲-۲- تهیه عصاره های متانولی ۲۰

۲-۳- تعیین محتوای فنول کل ۲۰

۲-۴- ظرفیت جاروب کنندگی رادیکال های DPPH ۲۱

۲- ۵-۱- آنالیز ترکیبات فنولی توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا(HPLC) ۲۱

۲-۵-۲- عصاره گیری ۲۱

۲-۶- سنجش میزان ویتامین E (آلفا توکوفرول)..... ۲۲

۲-۷- اندازه گیری پروتئین محلول به روش فولن - لوری ۲۳

۲- ۸- ۱- آنالیز اسیدهای چرب گونه های مختلف به وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی..... ۲۳

۲- ۸- ۲- استخراج اسید چرب..... ۲۴

۲-۹-آنالیز آماری..... ۲۵

فصل سوم : نتایج .....

۳-۱- آنالیز اسید چرب به وسیله کروماتوگرافی گازی (GC).....۲۶

۳-۲- مقادیر چربی کل نمونه ها.....۲۸

۳-۳-آنالیز مقادیر آلفا توکوفرول به وسیله کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC).....۲۸

۳-۴- آنالیز ترکیبات فنولی توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) ۲۹

۳-۵- تعیین محتوای پروتئین محلول ۳۰

۳-۶- تعیین محتوای فنول کل ۳۱

۳-۷- سنجش درصد جمع آوری رادیکال DPPH) ۳۲

۳-۸- کروماتوگرام های حاصل از آنالیز اسید چرب نمونه ها توسط دستگاه GC.....۳۳

۳-۹- کروماتوگرام های حاصل از آنالیز ترکیبات فنولی نمونه ها به وسیله دستگاه HPLC.....۳۶

۳-۱۰- کروماتوگرام های حاصل از آنالیز آلفا توکوفرول نمونه ها به وسیله دستگاه HPLC.....۳۹

فصل چهارم : بحث .....

۴-۱– آنالیزاسیدهای چرب تخم گونه های مختلف کدو توسط کروماتوگرافی گازی ۴۲

۴-۲- آنالیز ترکیبات فنولی و آلفا توکوفرول توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی ۴۳

۴-۳- میزان پروتئین محلول ۴۴

۴-۴- درصد جمع آوری رادیکال DPPH.....۴۴

نتیجه گیری کلی ۴۶

پیشنهادات..... ۴۷

پیوست ها ۴۸

منابع..... ۵۰

چکیده انگلیسی ۵۵

فصل اول

کلیات

چکیده

کدو گیاهی از خانواده *Cucurbitaceae* با دانه های روغنی می باشد که روغن آن توسط کمیسیون اتحادیه اروپا به عنوان یک روغن خوراکی پذیرفته شده است. در این مطالعه مقادیر آلفا توکوفرول، ترکیب اسید های چرب، آنالیز ترکیبات فنولی، فنول کل، درصد جمع آوری رادیکال DPPH و پروتئین محلول دانه پنج گونه کدو با نام های علمی، *Cucurbiata moschata* L. (کدو تنبل) ، *Cucurbita pepo.* L var. styraica. (کدوتخم کاغذی)، (کدو حلوایی) *Cucurbita maxima* L.، (کدو مسمایی یا خورشتی) *Cucurbita pepo* L. *var. pepo* و (کدو زینتی) *Cucurbita lagenaria* L. مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز اسیدهای چرب توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی انجام شد. بر اساس نتایج حاصل، اسیدهای لینولئیک، اولئیک، پالمیتیک واستئاریک به عنوان شاخص ترین اسیدهای چرب شناسایی شدند. آنالیز اسید های فنولی وآلفا توکوفرول با دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا انجام شد. نتایج آنالیز کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا نشان داد که سیناپیک اسید، فرولیک اسید، سیرینجیک اسید و پاراکوماریک اسید مهمترین اسیدهای فنولی دانه های کدو می باشد. فنول کل با استفاده از معرف فولین- سیوکالتئو، خاصیت پاد اکسایندگی به روش جمع آوری رادیکال DPPH و پروتئین محلول به روش فولن- لوری اندازه گیری شد. بالاترین مقادیر آلفا توکوفرول در گونه *C. pepo* var .pepo ، فنول کل در گونه *C. lagenaria*، درصد جاروب رادیکال DPPH در گونه *C.moschata* و پروتئین محلول در گونه های *C. pepo* var.styrica و *C. lagenaria* مشاهده گردید.هدف از این مطالعه معرفی ترکیبات مفید در روغن تخم پنج گونه کدو می باشد. نتایج به دست آمده نیز نشان داد که روغن دانه ی کدو به دلیل محتوای بالای اسیدهای چرب تک غیر اشباع و چند غیر اشباع و همچنین دارا بودن آلفا توکوفرول و ترکیبات فنولی و پروتئینی می تواند به عنوان یک روغن خوراکی با ارزش مورد توجه قرار گیرد.

کلمات کلیدی : اسید چرب، آلفا توکوفرول، تخم کدو، فنول، کروماتوگرافی گازی، کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا.

۱-۱- گیاه شناسی کدو (*Cucurbitaceae*)

Cucurbitaceae تیره ای است حساس به سرما، دارای انشعابات رونده که در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری رشد می کند. تعداد کمی از گونه های این تیره که بومی مناطق معتدل هستند و یا در آن مناطق کشت داده می شوند، اغلب یک ساله و یا متعلق به خشکی زی های چند ساله می باشند که دوران سرما را زیر زمین می گذرانند. از نظر اکولوژی این خانواده دارای جنس هایی است که در نواحی گرم و مرطوب مانند آسیای جنوب شرقی رشد می کنند. برخی دیگر از جنس های بومی در نواحی آفریقا، ماداگاسکار و آمریکای شمالی می رویند. گروههای خشکی زی معمولاً دارای ریشه هایی بزرگ و چند ساله با ساقه های گوشتی بالارونده و در برخی موارد دارای ساقه خزنده می باشند. (آزاد بخت، ۱۳۷۸). کدوئیان معمولاً دارای یک ریشه اصلی و قوی هستند که تا عمق یک متر (خیار) و یا دو متر (کدو) در خاک فرو می رود. همچنین دارای ریشه های ثانویه ای می باشند که نزدیک سطح خاک گسترده می شوند. به طور معمول اکثر ریشه ها در عمق ۶۰ سانتی متری خاک قرار می گیرند. ریشه های جانبی تمایل به خروج از خاک دارند. ممکن است ریشه های نابجا از گره های ساقه در جنس های *Cucurbita*، *Luffa* و سایر کدوئیان ایجاد شود. برخی گونه های خشکی زی دارای ریشه های قوی هستند که گیاه را قادر به تحمل کم آبی می کند. ریشه ی اصلی در گونه *Cucurbita foetidissima* وزنی حدود ۷۲ کیلو گرم دارد. بخش های هوایی این گونه ها ممکن است در اثر کمبود آب یا دمای پایین از بین بروند اما ریشه ی گیاه باقی می ماند تا زمانی که شرایط محیط برای رشد مجدد مساعد گردد. ساقه ها علفی یا گاهی چوبی نرم هستند که معمولاً بالا رونده یا خزنده می باشند. انشعابات اولیه و ثانویه تا ارتفاع ۱۵ متر می رسد. تعداد زیادی از اعضای این تیره بر روی ساقه هایشان دارای کرک های نرمی هستند که اشکال متفاوتی دارند. کرک ها ممکن است غده ای، تک سلولی، چند سلولی، ساده و یا منشعب باشند. برگ ها معمولاً ساده، پنجه ای، بدون برگچه و دارای ۳ تا ۷ لوب عمیق می باشد. به طور معمول هر گره ساقه دارای یک برگ است. این تیره دارای گل های بزرگ و زیبا می باشد که توجه حشرات را به خود جلب می کنند ولی برخی جنس ها دارای گل هایی کوچک و نسبتاً ناپیدا هستند. گل ها معمولاً تک جنسی بوده و در محور برگی به صورت منفرد و یا گل آذینی ایجاد می شوند. رنگ گل ها غالباً سفید یا زرد است اما ممکن است

قرمز (*Gurania*) نیز در بین آنها دیده می شود. میوه ممکن است فقط حاوی یک دانه مثل *Chayote* و یا دارای تعداد زیادی دانه باشد. دانه های این تیره، نسبتاً بالدار و پهن می باشند. اندازه دانه، شکل و رنگ آن بسیار گوناگون است. دانه های هندوانه براساس کولیتوار، سیاه با مرکز قهوه ای، قهوه ای با نقاط سیاه، قهوه ای طلایی، قرمز، سبز، سفید دارای حاشیه یا بدون حاشیه می باشند. میوه ها نیز از نظر شکل، رنگ و اندازه دارای خصوصیات متفاوتی هستند. میوه فاشرا (*Bryonia*) بسیار کوچک (۵ میلی متر)، کروی، سبز، قرمز و یا سیاه رنگ است. برخی از گونه ها (*Luffa*) دارای میوه ای چماقی شکل با طول حدود ۶۰ سانتی متر است که پوست میوه ها خط دار، خالدار و دو رنگ می باشند. میوه کدو صاف یا چین دار، زگیل دار و شیاردار می باشد. برخی گونه ها (*Sicyos*) دارای خارهای سفت و محکم می باشند که آن را در برابر حمله پاتوژن ها و جانوران محافظت می کند. میوه در جنس کدو، از نظر اندازه و حجم بزرگترین میوه های سلسله گیاهان را تشکیل می دهد. نامگذاری گونه *C. maxima* به علت بزرگی میوه این گونه می باشد. در سال ۱۹۹۵ وزن یک نمونه از این گونه حدود ۴۴۰ کیلو گرم برآورد شده است. میوهای بالغ دارای پوست سخت و چوبی می باشند و برخی از کولیتوارها پوستی نازک دارند. میانبر میوه معمولاً آبدار، سفید تا زرد روشن و یا قرمز است. کولیتوارهای خربزه و کدو به علت وجود کارتنوئیدها دارای گوشت نارنجی و برخی کولیتوارهای دیگر (*Citrullus*) به علت دارا بودن لیکوپن دارای گوشت قرمز می باشند. دمای محیط بر روی مدت زمان باز بودن یک گل و در نتیجه بر گرده افشانی موثراست. دمای بالا منجر به انجام گرده افشانی در صبح (زودتر از سایر مواقع) می شود. دماهای بسیار بالا (۳۰°C) منجر به بسته شدن گل های کدو می گردد. دانه گرده *Squash* در دمای کمتر از ۱۰ °C رها می شود. گل های خیار، هندوانه و خربزه برای شکوفا شدن نیاز به دمای بالاتری دارند(Robinson *et al.*,1997).

۱-۲-۱- رده بندی

براساس طبقه بندی Jeffrey، Cucurbitaceae شامل دو زیر خانواده و ۸ طایفه (tribe)، با نام های Apodanthaceae ، Datiscaceae، Tetramelaceae، Corynocarpaceae، Coriariaceae، Cucurbitaceae، Anisophylleaceae و Begoniaceae می باشد و دارای ۱۲۵جنس و ۹۶۰ گونه است (Jeffrey, 2005). Schaefer و همکاران در سال ۲۰۱۱، Cucurbitaceae را در دو زیر خانواده، ۱۵ طایفه که ۵ طایفه آن جدید می باشد و ۹۵ جنس طبقه بندی کرده اند. طایفه های

جدید Cucurbitaceae عبارتند از : Actinostemmateae، Indofevilleeae، Thladiantheae، Momordiceae و Siraitieae (Schaefer *et al.*, 2011).

۱-۲-۲- اسامی علمی و فارسی گونه های مورد بررسی(Prohens *et al.*, 2008).

اسم علمی	*Cucurbita pepo L. ssp. pepo cv. pepo.* var. styriaca
خانواده	*Cucurbitaceae*
رایج	Pumpkin,Vegetable marrow, Sammer squash, Atumn pumpkin, Zucchini
اسم فارسی	کدو تخم کاغذی

اسم علمی	*Cucurbita maxima*
خانواده	*Cucurbitaceae*
اسامی رایج	Chilicote, Hubbard squash, Boston marrow, Winter squash, Pumpkin
اسم فارسی	کدو تنبل

اسم علمی	*Cucurbita moschata*
خانواده	*Cucurbitaceae*
اسامی رایج	Pumpkin, Winter squash, Musky squash, Joko, Tamalayota, Ayote
اسم فارسی	کدو حلوایی

اسم علمی	*Cucurbita lagenaria*
خانواده	*Cucurbitaceae*

اسم علمی اسامی رایج	*Cucurbita pepo*, var pepo opo squash, bottle gourd, long melon
خانواده اسم فارسی	*Cucurbitaceae* کدو زینتی
اسامی رایج	Summer squash, Pumpkin, Winter squash
اسم فارسی	کدو مسمایی یا خورشتی

۱-۲-۳- واژه شناسی

اصطلاحات Pumpkin و Squash بدون توجه به گونه های این خانواده تقریباً در مورد تمامی کدوها بکار می روند. به منظور عدم تداخل بین این اصطلاحات در این بخش توضیح مختصری راجع به این اصطلاحات داده شده است :

کلمه Squash از لغت بومی امریکایی Askutasquash به معنی نارس و خام گرفته شده است. واریته ها براساس استفاده از میوه در حالت نارس و یا رسیده به دو گروه کدوی تابستانه و کدوی زمستانه تقسیم می شوند. اصطلاح کدوی تابستانه معمولاً *Cucurbita pepo* L. است. اما کدوی زمستانه می تواند *C. pepo* L. (Acorn)، *C. maxima* L. (Hubbard) و *C. moschata* L. (Butternut) باشد. در حالت بوته ای انبوه مبنای تشخیص کدوی تابستانه از کدوی زمستانه است. لغت Pumpkin بر گرفته از کلمه انگلیسی Pompion، کلمه یونانی Pepon و کلمه لاتین Pepo می باشد که بر روی هم به معنای کدوی بزرگ و رسیده است. امروزه این اصطلاح به صورت عمومی در مورد انواع مختلف کدو استفاده می گردد و کاربرد گیاه شناسی ندارد. واریته های *C. maxima* و *C. moschata* که در امریکا معروف به کدوی زمستانه (Winter

squash) هستند، غالباً در هندوستان و سایر کشورها Pumpkin نامیده می شوند. Gourd نوعی از کدو است که ارزش غذایی ندارد. گونه های وحشی کدو تحت این نام خوانده می شوند. این نوع از کدوها دارای پوسته بسیار سختی هستند. این ویژگی وجه تمایز بین Squash و Gourd است. البته قابل ذکر است که پوسته برخی از ارقام کدوهای تابستانه نیز در حالت بلوغ سخت و چوبی می باشد (Prohens *et al.*, 2008; Salunkhe & Desai 1984).

۱-۳- خواص درمانی کدو

روغن دانه کدو، روغن ویژه ی منطقه ای از شمال استرالیا می باشد که توسط کمیسیون اتحادیه اروپا به عنوان روغن خوراکی پذیرفته شده است. استرالیا بزرگترین تولید کننده کدو و روغن آن می باشد. چین، یوگسلاوی و مجارستان نیز از تولید کنندگان عمده این روغن محسوب می گردند(Gilberto & Albin, 2008). کدو در ایران در اکثر نقاط کشور، از جمله استان های آذربایجان، همدان، خراسان، گیلان، مازنداران و فارس کشت می شود. دانه های کدو در دهه اخیر به عنوان یک منبع دارویی مهم مطرح شده اند. روغن آن حاوی اسیدهای چرب با پیوند های دوگانه است که پیش ساز اصلی پروستاگلاندین ها هستند و نقش مهمی در فعالیت مغز و سیستم عصبی ایفا می کنند(Makai & Balatincz, 2000). مطالعات نشان می دهد که روغن حاصل از دانه کدو فعالیت مهار کنندگی بر هورمون تستوسترون دارد و در کنترل هیپرتروفی خوش خیم BPH (Being prostatic hypertrophy) موثر می باشد. استرول عمده روغن کدو دلتا ۷- استنول می باشد. استرول ها اثرات بیولوژیکی متعددی دارند. استرول های گیاهی مواد مهم کشاورزی برای سلامتی و صنایع غذایی هستند. این مواد امولوسیون ساز های مفیدی برای تولید کنندگان مواد آرایشی بوده و بیشترین حد واسط های استروئیدی و مواد اولیه را برای تولید هورمون های دارویی فراهم می آورند محققین دریافته اند مواد روغنی گیاهان، به ویژه فیتواسترول ها، که دارای تراکم بالا در روغن بذر کدو هستند، اثرات مثبتی بر کلسترول خون انسان دارند. این فیتواسترول ها فقط در روغن های تصفیه نشده گیاهانی یافت می شوند که کمتر از ۲۵۰°C حرارت دیده باشند(احمدی اول و همکاران، ۱۳۸۶). از خواص مفید روغن دانه کدو می توان به نقش آن در کاهش التهابات معده، تصلب شرائین، LDL خون و لخته های خونی در رگ ها اشاره کرد. همچنین در جلوگیری از انقباضات نامنظم قلب و کاهش خطر تشکیل سنگ های مثانه و کلیه نقش داردو در درمان سرطان پروستات موثر است. ترکیبات دانه کدو در کاهش فشار و کلسترول خون نقش دارد و دارای خواص ضد باکتریایی نیز می باشد(Ghasemi-dehkordi, 2002). β- سیتواسترول

موجود در روغن دانه کدو به عنوان یک ضد تورم و مهار کننده قوی در بیوسنتز پروستاگلاندین در بافت پروستاتیک بیماران BPH عمل می کند(Ronald *et al.*, 2003). اسیدهای چرب امگا– ۳ موجود در روغن دانه کدو نقش مهمی در کاهش سطح گلیسرید وLDL دارد. میزان بالای اسیدهای لینولئیک و اولئیک از جمله ویژگی های مهم تغذیه ای روغن دانه کدو است. اسید لینولئیک، اسید چرب ضروری برای انسان است و ترکیبی مهم در تشکیل غشاهای سلولی، ویتامین D و هورمون های مختلف می باشد. این اسید در بدن انسان تولید نمی شود و باید از طریق مواد غذایی تامین گردد. از جمله ویژگی های لینولئیک اسید این است که مانع از لخته شدن خون می گردد و همان طور که پیش تر ذکر شد از انقباضات نامنظم قلب که نهایتاً منجر به مرگ می شود، جلوگیری می نماید. ویژگی دیگر این ترکیب تونایی آن در جذب و نگهداری اکسیژن داخل غشاء سلولی است. دانه های کدو به عنوان داروی ضد کرم، بسیار مؤثر می باشند. کوکوربیتاسین موجود در دانه ها در درمان بیماری و کاهش تشکیل سنگ مثانه مورد استفاده قرار می گیرد(Franzens, 2000). ویتامین E به عنوان یک ویتامین محلول در چربی است که در گوشت، لبنیات و به ویژه در روغن دانه های گیاهی یافت می شود. این ویتامین همراه با چربی در بدن متابولیزه می شود و برای جذب در روده نیاز به چربی دارد. ویتامین E، به عنوان پاد اکساینده ی چربی ها عمل می کند و از آسیب دیدن لیپیدهای غیراشباع جلوگیری می نماید و در تنظیم بیوسنتز خون، چرخه انتقال الکترون، تعدیل فعالیت ایمنی بدن به ویژه در دوران کهولت دخالت دارد. همچنین از پیشرفت بیماری آلزایمر جلوگیری کرده و درد ورم مفاصل را کاهش می دهد. دانه های این گیاه دارای مقادیر قابل ملاحظه ای مشتقات ویتامین E شامل توکوفرول ها و توکوتری انول ها هستند. توکوفرول ها عمده ترین پاد اکساینده های لیپوفیل در دانه کدو و روغن حاصل می باشند. عمده ترین ایزومر هر دو نوع توکول، ایزومرهای گاما و آلفا بوده، مقادیر توکوفرول ها ۵ تا ۸ برابرتوکوتری انول ها می باشند(Gohari Ardabili *et al.*, 2011). به دلیل اهمیت فیزیولوژیکی توکوفرول ها، محتوای بالای ویتامین E از جمله اهداف تولید نژاد های اصلاح شده به شمار می آید(Azzi *et al*, 2003). توکوفرولهای موجود در دانه منجر به تنظیم آهنگ فعالیت مثانه می گردد(زرگری، ۱۳۷۵). این ترکیبات شامل بنزوپیرانول ها (توکولهای متیلی) هستند که در روغن های گیاهی حضور دارند و دارای اثر پاد اکسایشی در بدن می باشند. همچنین این ویتامین در ترکیبات لیپیدی غشاء سلول های جانوری و لیپوپروتئین ها حضور دارد. در تصفیه روغن های گیاهی، بخش اعظم توکوفرول ها آسیب دیده و یا از بین می روند. گوشت میوه کدو، ملین، مدر، مغذی، و رفع کننده سوء هاضمه می باشد و برای مبتلایان به دیابت نیز غذای مناسبی است. در طب سنتی از گوشت میوه کدو برای درمان سوختگی، ورم وجوش های پوستی استفاده می

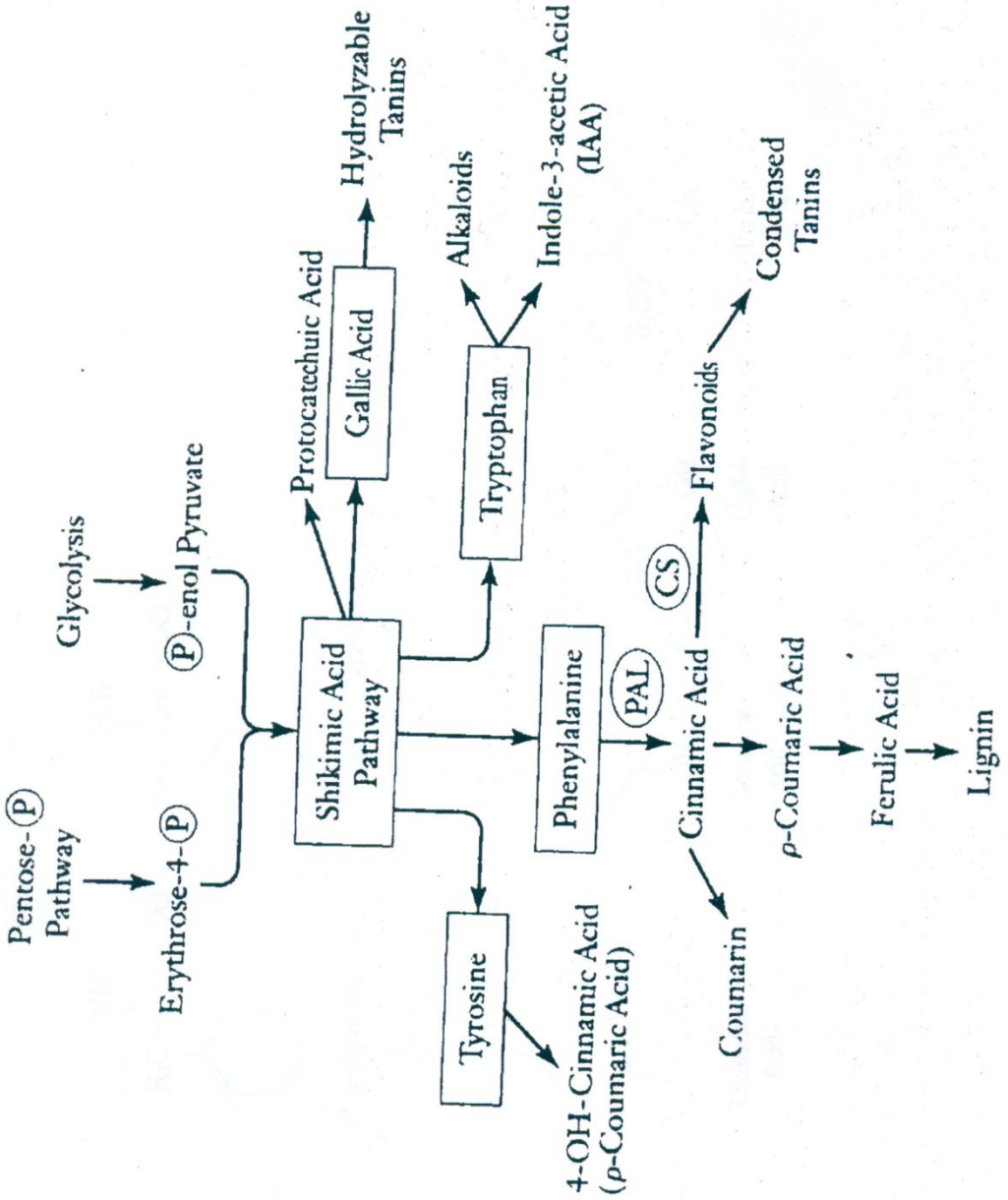
شود(Frankel, 1998). ازخصوصیات دیگر روغن دانه کدو، رنگ سبز تیره آن است که ناشی از حضور رنگدانه های کلروفیلی و کارتنوئیدی فراوان می باشد دانه های کدو منبع غنی از پتاسیم، فسفر، منیزیم، کلسیم، سدیم، منگنز، آهن، روی و مس می باشند که امکان استفاده از آن ها را در غنی سازی مواد غذایی فراهم می آورد(Kreft *et al.*, 2002). کدوئیان از نظر تجارت جهانی اهمیت چندانی ندارند اما به عنوان بخش بسیار مهمی در تغذیه به ویژه در جوامع گرمسیر مطرح هستند. گونه های کدو بخش مهمی از رژیم غذایی بومیان مکزیک و امریکای مرکزی را تشکیل می دهند و امروزه استفاده از آنها در سراسر جهان رایج است. کدو نه تنها به عنوان سبزی تازه قابل مصرف است بلکه میوه رسیده آن نیز می تواند به صورت جوشانده یا کباب شده استفاده گردد. دانه های برخی از میوه ها از بخش گوشتی میوه ارزشمند تر بوده و معمولاً به صورت برشته شده و یا جوشانده مصرف می شوند. طعم لذیذ میوه برخی گونه ها مانند *C. maxima* و *C. moschata* معمولاً موجب استفاده از این محصول در تهیه کلوچه های میوه ای می شود. گوشت میوه برخی گونه ها در تغذیه دام و همچنین در تهیه الکل های صنعتی قابل استفاده است. همچنین تفاله های حاصل از استخراج مواد مختلف از بذر نیز به عنوان ترکیبات غذایی دام ها کاربرد دارد. در شرق و به ویژه در مکزیک گل ها به صورت سرخ کرده مصرف می شود و همچنین به عنوان رنگ و مزه سوپ و سالاد استفاده می گردند. برگ ها، شاخه ها و در برخی موارد ریشه ها (*C.maxima*) نیز ارزش غذایی دارند. میوه های نرم حاوی یک آنزیم پروتئولیتیک می باشند که در صنایع غذایی ارزش تجاری دارند. گوشت میوه برخی گونه ها به ویژه گونه های وحشی تولید کف صابونی قوی می کنند که در شستشو کاربرد دارد. کدوهای تابستانه معمولاً گوشت میوه سفید رنگ داشته و در مقایسه با کدوهای زمستانه ذخیره قندی کمتری دارند (Janick *et al.*, 1984).

۱-۴-۱- بیوسنتز ترکیبات فنولی و عملکرد آنها

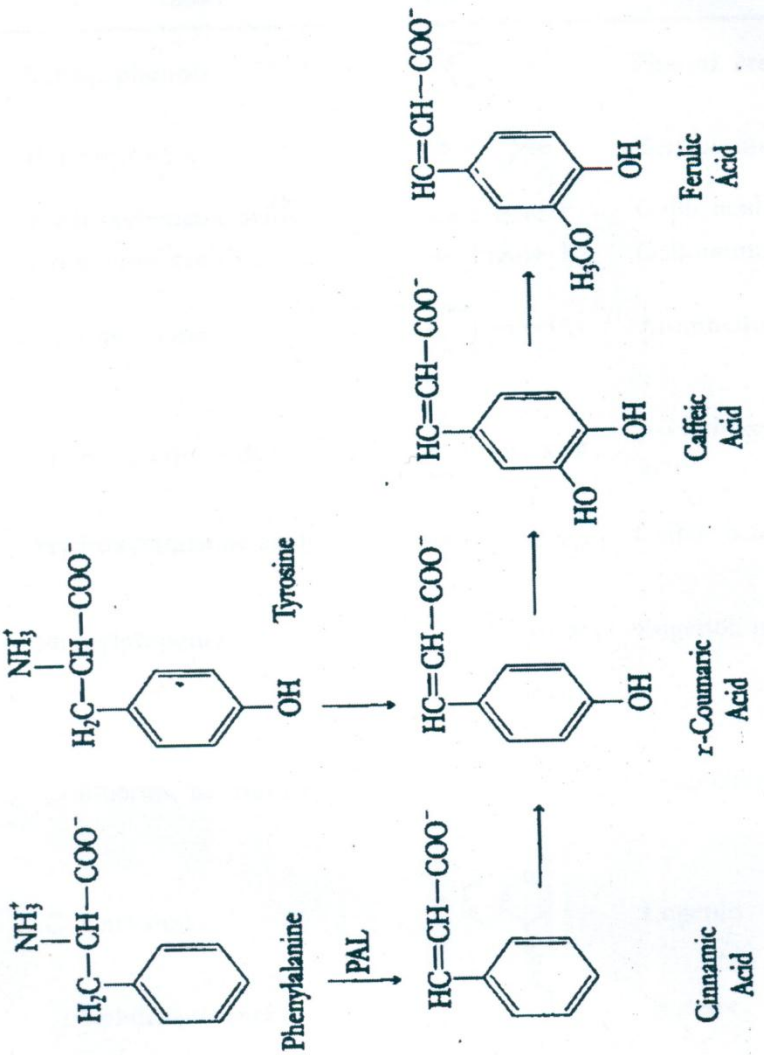
بیوسنتز بسیاری از ترکیبات فنولی با اسید آمینه آروماتیک فنیل آلانین، تیروزین و تیریپتوفان شروع می شود. این اسید آمینه آروماتیک نیز، در اثر یک رشته از واکنش های متوالی که به مسیر اسید شیکیمیک معروف است، با ادغام دو مولکول فسفو انول پیروات و اریتروز ۴- فسفات سنتز می شوند. مسیر سنتز ترکیبات فنولی در شکل (۱) نشان داده شده است. این مسیر در گیاهان، باکتری ها و قارچ ها وجود دارد. فنیل آلانین و تریپتوفان منبع تشکیل تمام مولکول های آروماتیک در جانوران هستند و جز اسید آمینه های ضروری برای بدن انسان می باشند و به عبارتی باید از منابع غذایی تامین گردند (هاپکینز، ۱۳۸۸). مهمترین زیر رده

های فنول ها در میوه ها اسیدهای فنولی (هیدروکسی بنزوئیک وهیدروکسی سینامیک اسید ها)، کومارین ها، فلاونوئیدها، تانن های قابل هیدرولیز و تانن های متراکم می باشند(Burits & Bucar, 2000). سنتز اسیدهای آمینه آروماتیک از طریق ادغام یک مولکول اریتروز۴- فسفات که از مسیر تنفسی پنتوز فسفات حاصل می شود با یک مولکول فسفو انول پیروات حاصل از گلیکولیز، آغاز می گردد. قند هفت کربنه تولید شده ابتدا حلقوی شده سپس احیا می شود تا ترکیبی به نام شیکیمات را ایجاد نماید. نام مسیر نیز از همین ترکیب گرفته شده است. کلوریزمات نقطه انشعاب است که یا به فنیل آلانین و یا به تریپتوفان تبدیل می شود. سنتز بیشتر ترکیبات ثانویه فنولی با جدا شدن گروه آمین از فنیل آلانین و تبدیل آن به اسید سینامیک آغاز می شود (شکل ۲و۳). آنزیمی که این واکنش را کاتالیز می کند فنیل آلانین آمونیالیاز PAL نام دارد که در مسیر تولید ترکیبات فنولی یک آنزیم کلیدی است. زیرا واکنش های اسید شیکیمیک را از تولید پروتئین ها به سمت تولید ترکیبات فنولی منحرف می کند. مسیر دیگر برای تولید این ترکیبات، جدا شدن گروه آمین از اسید آمینه تیروزین است که پارا کوماریک اسید را تولید می نماید. این واکنش اغلب در گراس ها اتفاق می افتد. فعالیت آنزیم PAL توسط تابش های قرمز و فرا بنفش تحریک می شود. همچنین این دو تابش موجب افزایش فلاونوئید های مختلف نیز می گردد. ترکیب حاصل از فعالیت این آنزیم یعنی اسید سینامیک قادر است فعالیت هورمون گیاهی به نام اکسین را متوقف کند. اما این مطلب در شرایط طبیعی و داخل گیاه هنوز مشاهده نشده است. با اضافه شدن یک گروه هیدروکسیل به اسید سینامیک، اسید پارا کوماریک تولید می شود. اضافه کردن متوالی گروه های هیدروکسی و متوکسی به اسید پارا کوماریک، به ترتیب اسیدهای کافئیک و فرولیک را تولید می کند(هاپکینز، ۱۳۸۸). ترکیبات حد واسط و ساده به صورت انبوه تجمع نمی یابند و احتمالا نقش پیش ساز را برای ترکیبات پیچیده تری مانند کومارین ها، لیگنین ها، فلاونوئیدها و ایزو فلاونوئیدها ایفا می کنند(شکل ۲). گیاهان دارای چندین هزار نوع مواد فیتوشیمیایی با ساختارهای متنوع اند که بخش بزرگی از آنها پلی فنول ها هستند(Moskaug *et al.*, 2005). بیشتر اثرات حفاظتی پلی فنول ها و فلاونوئیدها در سیستم های بیولوژیکی به توانایی پاد اکسایشی آنها، ظرفیت انتقال الکترون، کاهش پراکسیداسیون هیدروژن، فعال کردن آنزیم های پاد اکساینده وجلوگیری از اکسیدازها نسبت داده می شوند(Du *et al.*, 2009). علاوه براین ترکیبات مذکور دارای خصوصیات ضد جهش، ضد میکروبی، ضد ویروسی و ضد سرطان هستند (Ashwini & Krishnamoorthy, 2011; Tabartb *et al.*, 2008). پلی فنول ها مواد موثر بسیاری از گیاهان از جمله کدو را تشکیل می دهند و فعالیت بخش وسیعی از آنزیم ها وگیرنده های سلولی را تنظیم می کنند (Manach *et al.*, 2004). فعالیت وغلظت این ترکیبات با توجه به رقم، مرحله

بلوغ، شرایط محیطی و بخش های مختلف گیاه متفاوت است(Van der Sluis *et al.*, 2001). جدول (۱) تعدادی از مهمترین ترکیبات فنولی را نشان می دهد.

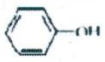
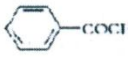
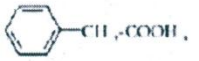
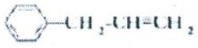
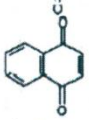
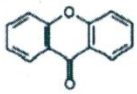


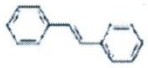
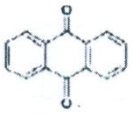
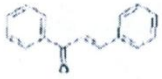
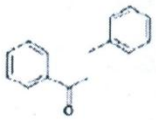
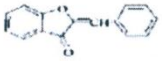
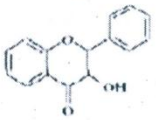
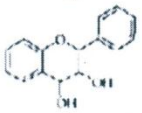
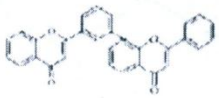
شکل ۱,۱ مسیر اسید شیکیمیک و تولید اسید آمینه های آروماتیک و در ادامه ترکیبات فنولی. PAL : فنیل آلانین آمونیالیاز ، GS ; چالکون سنتتاز (هاپکینز، ۱۳۸۸).



شکل ۱,۲. سنتز ترکیبات فنولی ساده از اسید آمینه های فنیل آلانین و تیروزین (هاپکینز، ۱۳۸۸).

جدول ۱,۱ مهمترین ترکیبات فنولی (Hijova *et al.*, 2006).

Basic skeleton	Class	Basic structure	Examples
C_6	Simple phenols		Phenol, cresol, resorcinol
	Benzoquinones		Benzoquinone
C_6-C_1	Hydroxybenzoic acids	see Figure 1	Gallic acid, vanillic acid
	Condensed tannins	see Figure 1	Gallotannins, ellagitannins
C_6-C_2	Acetophenones		Ammphenone
	Phenyl acetic acids		*p*-Hydroxyphenylacetic acid
C_6-C_3	Hydroxycinnamic acids	see Figure 1	Caffeic acid, ferulic acid
	Phenylpropenes		Eugenol, myristicin
	Coumarins, isocoumarins		Umbilliferone, scopoletin
	Chromones		Eugenin
C_6-C_4	Naphthoquinones		Juglone
C_6-C_1-C_6	Xanthones		Mangostin, mangiferin

C_6-C_2-C_6	Stilbenes		Resveratrol
	Anthraquinones		Emodin
C_6 C_3 C_6	Chalcones		Phloridzin, arbutin
	Dihydrochalcones		Phloretin
	Aurones		Sulferetol
	Flavones	see Figure 2	Apigenin, luteolin
	Flavonols	see Figure 2	Quercetin, myricetin
	Dihydroflavonol		Taxifolin
	Flavanones	see Figure 2	Hesperitin, naringenin
	Flavanol	see Figure 2	(epi)Catechin
	Flavandiol or leucoanthocyanidin		(+)-Leucocyanidin
	Anthocyanidins	see Figure 2	Cyanidin, pelargonidin
	Isoflavonoids	see Figure 2	Daidzein, genistein
$(C_6$-C_3-$C_6)_2$	Biflavonoids		Agathisflavone
$(C_6$-C_3-$C_6)_n$	Proanthocyanidins	see Figure 2	Procyanidins
$(C_6$-$C_3)_2$	Lignans, neolignans		Sesamin, secoisolariciresinol
$(C_6$-$C_3)_n$	Lignins		