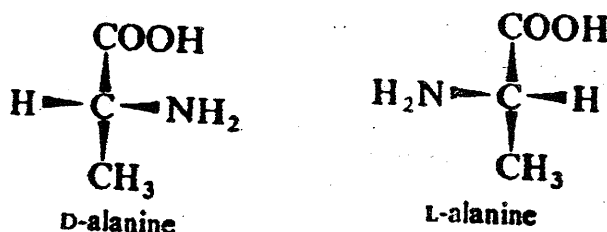


آمینو اسیدها را بر اساس محل قرار گرفتن گروه آمین نسبت به گروه کربوکسیل به انواع مختلف طبقه‌بندی می‌کنند. تنها آمینواسیدهای آلفا که در آن‌ها عامل آمین روی کربن مجاور گروه کربوکسیل قرار گرفته است، از لحاظ فیزیولوژیکی و غذایی اهمیت دارند.



شکل ۱-۴: ساختار L و D آلانین

نکته: آمینو اسیدها را بر مبنای سمت قرار گرفتن گروه آمین نسبت به کربوکسیل به انواع D و L تقسیم می‌کنند. تنها آمینو اسیدهایی که در وضعیت L هستند، یعنی گروه آمین آن‌ها در سمت چپ گروه کربوکسیل قرار دارد، از لحاظ غذایی و فیزیولوژیکی اهمیت دارند و انواع D در ساختار برخی آنتی‌بیوتیک‌ها یا اجزای دیواره‌ی سلولی برخی باکتری‌ها یافت می‌شود.

• اسیدهای آمینه را بر مبنای ماهیت شیمیایی زنجیره‌ی جانبی‌شان، به چند دسته تقسیم می‌کنند:

- ۱- اسید آمینه هیدروکربنی: گلايسين - لوسين - ايزولوسين - والين - آلانین
  - ۲- اسید آمینه گوگرد دار: سیستئین - سیستین - متیونین (سیستین از پیوند دو آمینواسید سیستئین حاصل می‌شود)
  - ۳- اسید آمینه‌ی آروماتیک: تریپتوفان، فنیل آلانین
  - ۴- اسید آمینه‌ی هیدروکسیلی: تیروزین، ترئونین، سرین (گروه R تیروزین یک ساختار فنلی می‌باشد)
  - ۵- اسید آمینه‌ی آمیدی: اسپارژین - گلوتامین
  - ۶- اسید آمینه‌ی قلیایی: (یک گروه کربوکسیل و بیش از یک گروه آمینی دارند) آرژنین - لیزین - هیستیدین
  - ۷- اسید آمینه‌ی اسیدی: (یک گروه آمینی و بیش از یک گروه کربوکسیلی دارند) اسید گلوتامیک - اسید اسپارتیک
  - ۸- اسید آمینه‌ی حلقوی (سیکلیک): پرولین، هیدروکسی پرولین
- (این دو اسید آمینه از نظر ساختمانی ایمینواسید هستند بنابراین اسیدهای آمینه‌ی ثانویه نامیده می‌شوند)

• همچنین بر مبنای ویژگی‌های زنجیره جانبی، آمینواسیدها را در چهار گروه زیر قرار می‌دهند:

- ۱- اسیدهای آمینه با زنجیره‌ی جانبی غیرقطبی و غیرباردار: آلانین، لوسین، ایزولوسین، متیونین، فنیل آلانین، تریپتوفان، پرولین، والین
- ۲- اسیدهای آمینه با زنجیره‌ی جانبی قطبی و غیرباردار که می‌تواند از طریق پیوند هیدروژنی با برخی مولکول‌ها اتصال برقرار کنند. سرین، ترئونین، تیروزین و سیستئین
- ۳- اسیدهای آمینه با زنجیره‌ی دارای بار مثبت نظیر لیزین، آرژنین و هیستیدین
- ۴- اسیدهای آمینه با زنجیره‌ی جانبی دارای بار منفی شامل اسید گلوتامیک و اسید اسپارتیک

نکته: پروتئین‌هایی که اسیدهای آمینه آب‌گریز فراوانی دارند، پایداری بیش‌تری نسبت به گرما از خود نشان می‌دهند.

والین، لوسین، ایزولوسین، فنیل آلانین، تریپتوفان و متیونین جزء گروه اسیدهای آمینه آب‌گریز هستند.

- اسیدهای آمینه را از جنبه ارزش غذایی نیز تقسیم‌بندی می‌کنند، به این ترتیب که اگر بدن قادر به سنتز اسیدآمینه نباشد، این ترکیب اسیدآمینه‌ی ضروری<sup>۱</sup> است و اگر بدن قادر به سنتز آن باشد، اسیدآمینه غیرضروری می‌باشد، اسیدآمینه‌ی ضروری باید از طریق غذا تأمین گردد.

اسیدهای آمینه ضروری شامل: لوسین، ایزولوسین، والین، لیزین، تریپتوفان، فنیل آلانین، میتونین، ترئونین می‌باشد.

نکته: آرژنین برای نوزاد حیوانات و هیستیدین برای نوزاد انسان ضروری است.

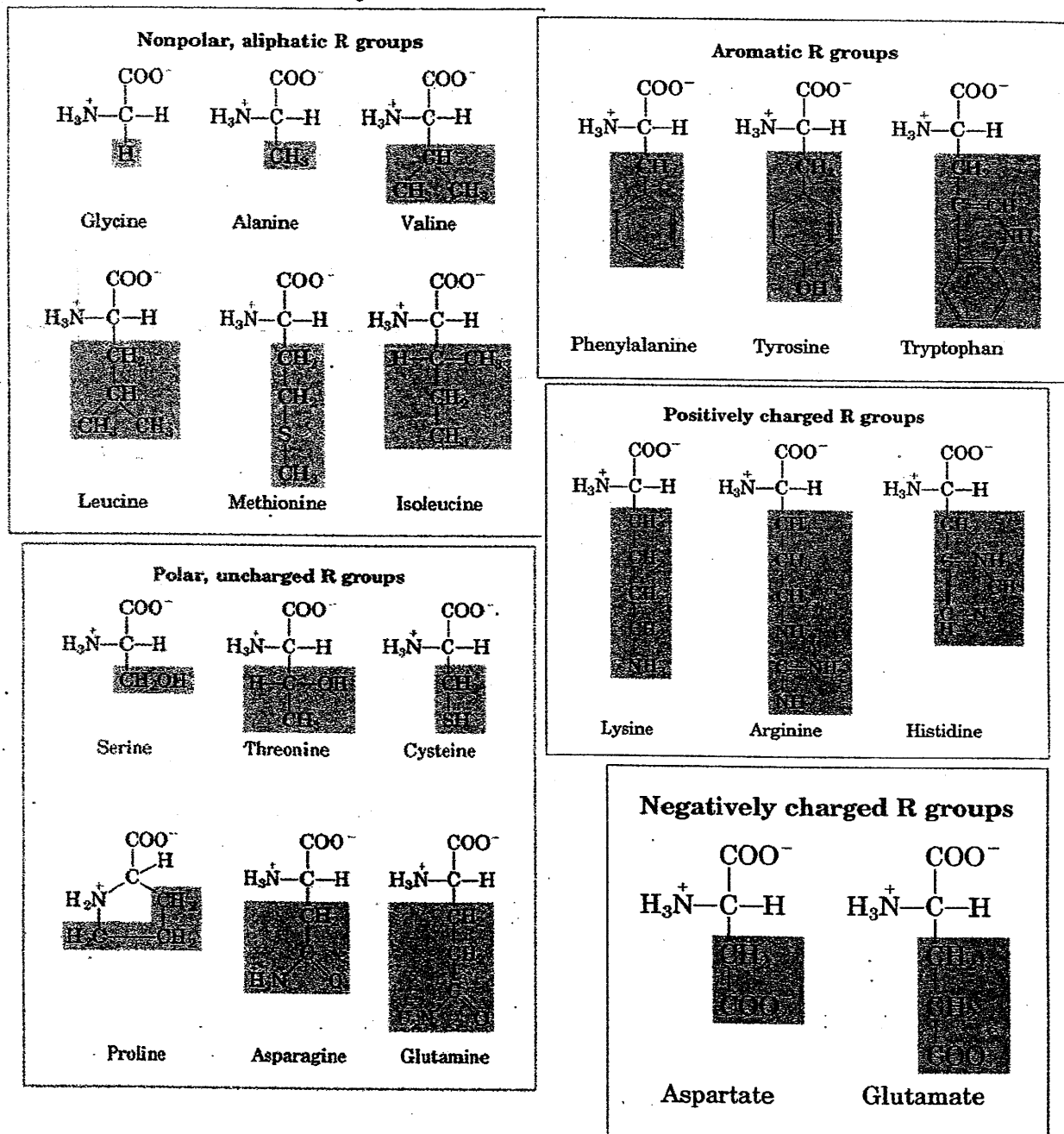
نکته: هیستیدین یک اسیدآمینه استثنائی است به این معنا که تنها آمینواسیدی است که در pHهای فیزیولوژیک خاصیت تامپونی دارد.

اصولاً آن دسته از اسیدهای آمینه‌ای که در pH فیزیولوژیک دارای بار منفی هستند اسیدهای آمینه اسیدی و آن گروه که در این pHها بار مثبت دارند اسیدهای آمینه بازی هستند و بقیه که در این pH باری ندارند اسیدهای آمینه خنثی نامیده می‌شوند.

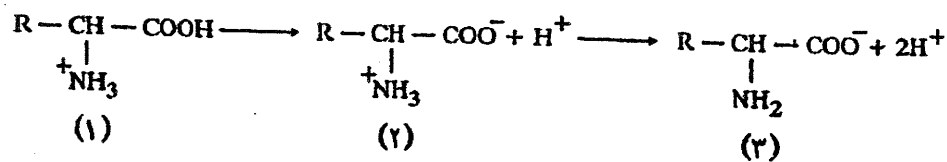
نکته: اسیدهای آمینه در فرم خالص جامدهای بلوری سفید رنگ با نقطه ذوب بالاتر از 200°C می‌باشند. دارای درجات مختلف حلالیت

در آب هستند و معمولاً در محلول‌های اسیدی یا بازی حلالیت آنها افزایش می‌یابد.

## Twenty standard Amino Acids



اسید آمینه‌ها بر حسب pH محیط می‌توانند به فرم آنیونی (در شرایط قلیایی) و کاتیونی (در شرایط اسیدی) و یون دو جنسی (دارای هر دو بار مثبت و منفی) باشند.



فرم کاتیونی

یون دو جنسی

فرم آنیونی

نکته: به pH که در آن اسیدهای آمینه از نظر بار الکتریکی کاملاً خنثی می‌شوند و به فرم یون دو جنسی در می‌آیند، pH ایزوالکتریک گفته می‌شود در این pH آمینواسیدها دیگر نسبت به هم دافعه ندارند و تمایلشان به حلالیت به حداقل می‌رسد بنابراین رسوب می‌کنند.

pH ایزوالکتریک حد واسط دو نقطه با بارهای الکتریکی مخالف است. بنابراین برای یافتن این دو نقطه از ضریب ثابت تفکیک  $PK_a$  استفاده می‌کنیم. یونیزه شدن گروه کربوکسیل دارای ضریب ثابت  $k_1$  و یونیزه شدن گروه آمین دارای ضریب ثابت  $k_2$  است پس pH نقطه ایزوالکتریک برابر میانگین  $PK_1$  و  $PK_2$  است. 
$$pH = \frac{PK_1 + PK_2}{2}$$
 آمینو اسیدهایی که دارای یک گروه کربوکسیل و یک گروه آمین هستند خنثی محسوب می‌شوند برخلاف انتظار pH ایزوالکتریک این گروه 7 نیست بلکه حدود 5.5-6 است زیرا ثابت تفکیک دو گروه کربوکسیل و آمین یکی نیست. PK گروه کربوکسیل حدود 2.2 PK برای استیک اسید 4.65 و PK گروه آمینو بین 9-9.8 است.

• هرچه میزان یونش (یونیزاسیون) بیشتر باشد  $PK_a$  کوچک تر می‌شود.

آمینو اسیدهایی که گروه آمینوی آنها از گروه کربوکسیل بیشتر باشد قلیایی هستند و نقطه ایزوالکتریک بالای 7 دارند ولی آنهایی که گروه کربوکسیل بیشتری نسبت به گروه آمین دارند اسید آمینه اسیدی هستند و pH ایزوالکتریک آنها کمتر از 7 می‌باشد.

• در pH ایزوالکتریک قابلیت هدایت الکتریکی، قابلیت انحلال، قدرت جذب آب، پایداری، و خواص امولسیفایری پروتئین‌ها به حداقل خود می‌رسد. به همین علت در چنین pH ای پروتئین‌ها رسوب می‌کنند. در pH ایزوالکتریک تشکیل کف و انجام عمل دناتوراسیون پروتئین‌ها راحت تر صورت می‌گیرد.

نکته: از آنجایی که در این pH پروتئین‌ها تماماً بار مثبت و منفی دارند پس در pH ایزوالکتریک پروتئین‌ها بالاترین خاصیت بافری (تامپون) را از خود نشان می‌دهند. در pH ایزوالکتریک تشکیل کف و انجام عمل دناتوراسیون پروتئین‌ها راحت تر صورت می‌گیرد.

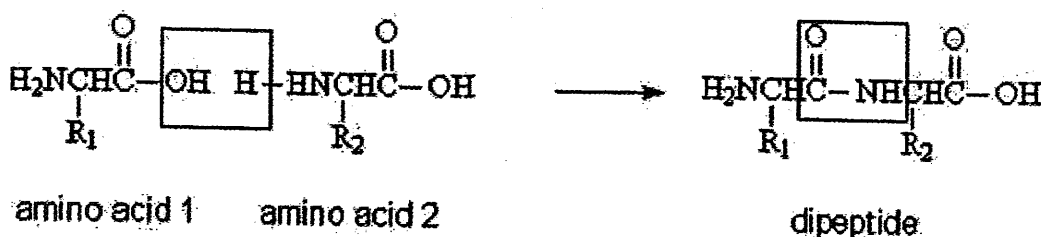
## پپتیدها

گروه آمینوی یک آمینو اسید می‌تواند با گروه کربوکسیل آمینو اسید دیگر ضمن از دست دادن آب یک اتصال کووالانسی برقرار نماید و ترکیب حاصل را در این حالت دی‌پپتید می‌نامند.

۱- اگر زنجیره‌ی پپتیدی بین 2 تا 10 واحد آمینو اسید داشته باشد، ترکیب حاصله الیگوپپتید است.

۲- اگر تعداد آمینواسیدها بین 10 تا 100 واحد باشد ترکیب به دست آمده را پلی‌پپتید می‌گویند.

۳- اگر بیش از 100 واحد آمینواسید در زنجیره باشد، پروتئین تشکیل می‌شود.



طرز تشکیل یک اتصال پپتیدی



### ه) اسکروپروتئین‌ها (آلبومینوئیدها):<sup>۱</sup>

در آب و اکثر حلال‌های خنثی دیگر نامحلولند. نسبت به هیدرولیز توسط آنزیم‌ها و نیز تا حدودی مواد شیمیایی مقاومند. مانند کلاژن - الاستین - کراتین

### و) هیستون‌ها:<sup>۲</sup>

مقدار زیادی آرژنین و لیزین در ساختار خود داشته در نتیجه به شدت قلیایی بوده و در آب محلول‌اند. در هسته‌ی سلول یافت می‌شوند در برابر حرارت مقاوم بوده و منعقد نمی‌شوند.

### ز) پروتامین‌ها:<sup>۲</sup>

این گروه ساده‌ترین پروتئین‌ها بوده و کم‌ترین وزن مولکولی را دارند. غنی از آرژنین می‌باشند و به شدت قلیایی (غنی از آرژنین و هیستدین) و محلول در آب هستند، مانند کلپتین و اسکومبرین در برخی ماهی‌ها. هیستون‌ها و پروتامین‌ها به سبب وزن مولکولی پایینی که دارند، توسط حرارت به سادگی منعقد نمی‌شوند.

### ۲- پروتئین‌های مرکب:

در اثر هیدرولیز این گروه علاوه بر اسید آمینه، حداقل یک ترکیب غیر پروتئینی دیگر نیز ایجاد می‌شود این پروتئین‌ها بر اساس نوع ترکیبات غیر پروتئینی طبقه‌بندی می‌شوند.

### الف) فسفو پروتئین‌ها:

در این دسته اسید فسفریک توسط پیوند استری به گروه هیدروکسیل اسیدهای آمینه ترئونین و سرین متصل شده‌است. کازئین و فسفو پروتئین‌های زرده تخم‌مرغ از این دسته‌اند.

### ب) لیپو پروتئین‌ها:

ناشی از اتصالات هیدروفوب بین اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه‌ی غیرقطبی می‌باشند. این گروه امولسیفایرهای قوی هستند. بر اساس اختلاف دانسیته، به چهار گروه تقسیم می‌شوند:

a- شیلومیکرون‌ها: وظیفه‌ی حمل تری‌گلیسیریدها از روده به کبد را انجام می‌دهند. بخش لیپیدی آن‌ها تری‌گلیسیرید است.

b- VLDL: وظیفه‌ی حمل تری‌گلیسیریدها را از کبد به سلول‌های ماهیچه‌ای بر عهده دارند و لیپید آنها تری‌گلیسیرید است.

c- LDL: لیپید آن‌ها کلسترول می‌باشد. لیپوویتلین (پروتئین زرده‌ی تخم‌مرغ) از این دسته است. این گروه به کلسترول بد معروف می‌باشد.

d- HDL: لیپید اصلی آن فسفولیپید است. وظیفه‌ی آن جمع کلسترول از بافت‌ها است. لیپوویتلین زرده‌ی تخم‌مرغ از این دسته است. این دسته به کلسترول خوب معروف‌اند.

### ج) کرومو پروتئین‌ها:

این پروتئین همراه با گروه پروستتیک رنگی است. مثل میوگلوبین - هموگلوبین و کلروفیل

1. Scleroproteins
2. Histones
3. protamins

#### د) گلیکوپروتئین‌ها:

ترکیب کربوهیدرات‌ها با پروتئین‌ها می‌باشند که به آنها موکوپروتئین نیز گفته می‌شود اووموسین سفیده تخم‌مرغ از این گروه است.

#### ه) نوکلئو پروتئین‌ها:

ترکیبی از اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌ها می‌باشند. در هسته‌ی سلول یافت می‌شوند.

#### ۳- پروتئین‌های مشتق شده:

ترکیباتی هستند که نتیجه تغییرات اعمال شده به روش‌های شیمیایی یا آنزیمی روی پروتئین‌های دیگر به وجود می‌آیند. بسته به میزان تغییری که روی آن‌ها ایجاد می‌شود آن‌ها را به مشتقات اولیه و ثانویه تقسیم می‌کنند.

#### - مشتقات اولیه:

این دسته تنها دچار تغییر آرایش فضایی یا دناتوراسیونی محدود شده‌اند. مانند پاراکاپاکازئین به دست آمده از اثر آنزیم رنین روی کاپاکازئین. این گروه در آب نامحلول هستند.

#### - مشتقات ثانویه:

این دسته تغییرات زیادی نموده‌اند و کاملاً هیدرولیز شده‌اند. اختلاف آن‌ها در اندازه و قابلیت انحلال‌شان در آب است. شامل موارد زیر است:

**پروتئوزها** که از همه درشت‌ترند و در آب نامحلولند. این گروه را می‌توان به وسیله محلول سولفات آمونیوم سیرشده ته‌نشین کرد. پپتیدها که در حد واسطه‌ی این دو دسته قرار می‌گیرند. در حین رسیدن پنی‌ر ایجاد می‌شوند دارای دو یا چند باقی‌مانده آمینواسید هستند.

**پپتون‌ها** که از همه ریزترند و محلول در آب هستند و بوسیله‌ی گرما منعقد نمی‌شوند.

• پروتئین‌ها را براساس جرم و بار الکتریکی در میدان‌های الکتریکی جداسازی می‌کنند. این عمل در دستگاه الکتروفورز صورت می‌گیرد.

**نکته:** هرچه پروتئین باز بیش‌تر و جرم کم‌تری داشته باشد با سرعت بیش‌تری در میدان الکتریکی حرکت می‌کند.

#### آزمایش‌های تشخیص پروتئین‌ها:

#### ۱- آزمایش بیوره:

هنگامی که پروتئین در حضور قلیایی قوی با سولفات مس گرما داده می‌شود رنگ ارغوانی خاصی در آن پدید می‌آید که این رنگ با هر ماده که بیش از یک گروه CONH (اتصال پپتیدی) داشته باشد به وجود می‌آید پس برای پروتئین‌ها اختصاصی نیست و همه پلی‌پپتیدها به آن جواب مثبت می‌دهند.

#### ۲- آزمایش گزانتوپروتیک:

بیشتر پروتئین‌ها به این آزمایش جواب مثبت می‌دهند به این ترتیب که وقتی پروتئینی با اسید نیتریک گرما داده شود زرد می‌شود و اگر به آن قلیا اضافه کنند ارغوانی و نارنجی می‌شود.

نکه زردی که بر روی پوست در اثر دست زدن به شیشه اسید نیتریک ایجاد می‌شود ناشی از واکنش تیروزین با اسید نیتریک است.

### ۳- آزمایش میلون:

اگر این معرف را با محلول پروتئینی حرارت دهند رسوب سفید رنگی ایجاد می‌کند که بعداً قرمز می‌شود این رنگ ناشی از گروه فنلی تیروزین است، بنابراین این واکنش برای تشخیص پروتئین‌هایی است که بر اثر هیدرولیز شدن تیروزین تولید می‌کنند. اما ترکیبات شیمیایی دیگر هم که دارای عامل فنلی هستند این رنگ را تولید می‌کنند. تنها پروتئینی که به این آزمون پاسخ مثبت نمی‌دهد ژلاتین است.

### ۴- آزمایش نین‌هیدرین:

رایج‌ترین آزمون تشخیص پروتئین‌هاست وقتی که آلفا آمینو اسیدها در دمای  $100^{\circ}\text{C}$  با نین‌هیدرین ترکیب شوند دچار کربوکسیل‌زدایی می‌شوند در این حالت  $\text{CO}_2$ ،  $\text{NH}_3$  و آلدئیدی با یک اتم کربن تولید می‌شود سپس نین‌هیدرین احیا شده با آمونیاک آزاد شده، کمپلکس آبی رنگ تولید می‌کند شدت رنگ تولید شده در شرایط استاندارد اساس اندازه‌گیری آلفا آمینو اسیدهاست. پرولین و هیدروکسی پرولین که آمین‌های نوع دوم هستند (ایمینو اسید) در این شرایط رنگ زرد تولید می‌کنند، اسپارژین نیز که دارای یک گروه آمید آزاد است رنگ قهوه‌ای تولید می‌کند.

## - ساختمان پروتئین‌ها

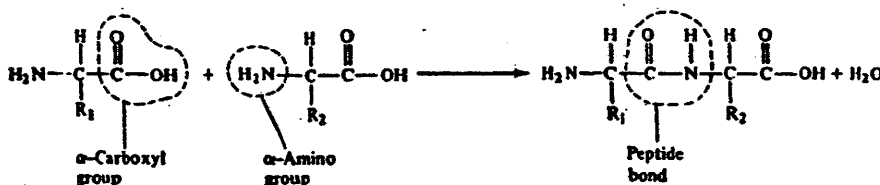
### ۱- ساختمان اول:

ترکیب توالی آمینواسیدها در زنجیره‌های پلی‌پپتیدی را ساختمان اول پروتئین می‌نامند. مهم‌ترین ساختمان تشکیل‌دهنده پروتئین‌ها است که به واسطه‌ی ایجاد پیوند پپتیدی بین ازت آمین و اکسیژن کربوکسیل بین دو اسیدآمینه‌ی مختلف برقرار می‌شود.

• همچنین این پیوند در حدود 40 درصد خواص یک پیوند دوگانه را از خود نشان می‌دهد. در این پیوند ابر الکترونی در حال جابه‌جایی می‌باشد، در نتیجه یک حالت رزونانسی به وجود می‌آید. پیوند پپتیدی ساختار ترانس دارد.

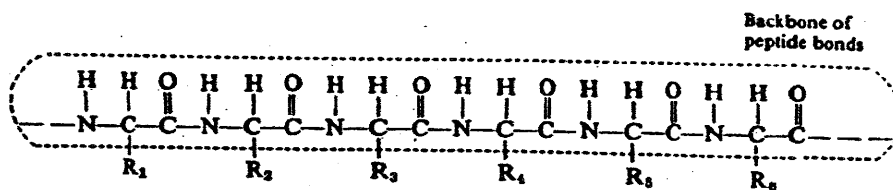
به‌طور متوسط پروتئین‌ها بین 300-500 اسیدآمینه‌ی مختلف با اتصال به هم ساختمان اول پروتئین‌ها را می‌سازند.

به این ترتیب توالی اسیدهای آمینه در یک زنجیر پلی‌پپتیدی به منزله‌ی ساختار اول پروتئین‌ها معرفی می‌شود. توالی اسیدآمینه را در زنجیره‌ی پپتیدی می‌توان توسط روش «تجزیه‌ی ادمن»<sup>۲</sup> مشخص نمود.



شکل ۳-۴: تشکیل پیوند پپتیدی





شکل ۴-۴: ساختار اول پروتئین ها

## ۲- ساختمان دوم:

در ساختمان دوم که ساختار فضایی زنجیره پروتئین ها را نشان می دهد دو حالت ماریج یا ورقه ای چین خورده<sup>۲</sup> ملاحظه می شود. ساختار ماریج آلفا رایج ترین فرم ساختمان دوم در پروتئین ها است. ماریج آلفا در نتیجهی تشکیل پیوندهای هیدروژنی درون یک زنجیره (درون مولکولی) تشکیل می شود. در این ماریج بین اتم اکسیژن گروه کربوکسیل با اتم هیدروژن گروه آمین چهارمین اسید آمینه بعد در طول زنجیره، پیوند هیدروژنی تشکیل می شود. در نتیجه یک ساختار ماریج به وجود می آید که در مورد اسید آمینه نوع (L) که در ساختارهای طبیعی فراوان اند، جهت ماریج راست گرد است.

ساختار ماریج  $\alpha$  به صورت آمفی فیلک (دو خصلتی) می باشد، یعنی نیمی از سطح ماریج آبگریز و نیم دیگر آبگریز است. یعنی همه باقی مانده های آمینواسیدهای آبگریز در قسمت درونی پروتئین قرار می گیرند و با دیگر گروه های غیرقطبی پیوندهای هیدروفوب تشکیل می دهند.

باقی مانده های آب دوست هم در قسمت بیرونی پروتئین قرار می گیرند.

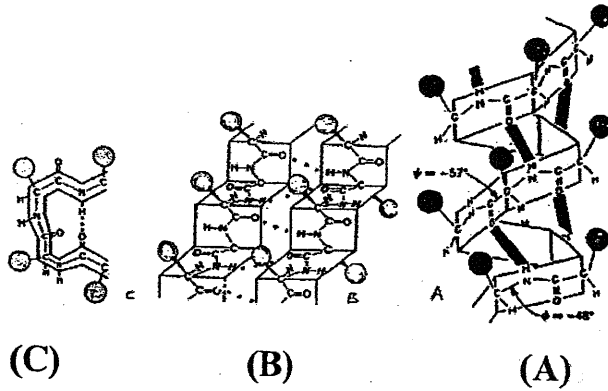
- وجود دو اسید آمینه ی پرولین و هیدروکسی پرولین سبب می گردد که پیوند هیدروژنی در زنجیره تشکیل نگردد. به همین علت، وجود این دسته مانعی در جهت تشکیل ساختار ماریج آلفا می باشد. در چنین حالتی، یعنی وجود مقادیر زیادی پرولین و هیدروکسی پرولین زنجیره ماریج در جهت تصادفی می چرخد. الاستین و کازئین هم دارای ساختار ماریج تصادفی هستند.

- هم چنین اسید آمینه ایزولوسین به سبب حجم زیادی که دارد از تشکیل ماریج آلفا جلوگیری می کند.

- اسیدهای آمینه ای که در زنجیره ی جانبی خود بار الکتریکی مشابه دارند: یعنی همگی اسیدی یا بازی هستند به سبب نیروی دافعه ای که بین خود ایجاد می کنند امکان تشکیل ماریج آلفا را سلب می نمایند.

هرگاه پیوندهای هیدروژنی بین دو زنجیره ی مختلف باشند (بین مولکولی)، ساختار حاصله، ساختار ورقه ای تاخورده ی بتا نامیده می شود که میزان آن خیلی کم تر از ساختار ماریج آلفا است. در این ساختار پل های هیدروژنی بر محور زنجیره پپتیدی عمود هستند. هرگاه تشکیل پیوند بین دو زنجیره پپتیدی کنار هم در یک جهت باشد. مثلاً از طرف انتهای آمین به کربوکسیل ساختمان تشکیل شده، بتای موازی<sup>۳</sup> و در غیر این صورت غیر موازی می باشند. معمولاً پروتئین های نوع  $\beta$  آبگریز تر از پروتئین های نوع  $\alpha$  هستند و دمای تغییر ماهیت بالاتری دارند.

اگر چند اسید آمینه قطبی بصورت متوالی در زنجیره قرار گیرند پیوند هیدروژنی درون مولکولی (3→1) تشکیل می‌شود و به این ترتیب شکل گردش معکوس حاصل می‌شود.

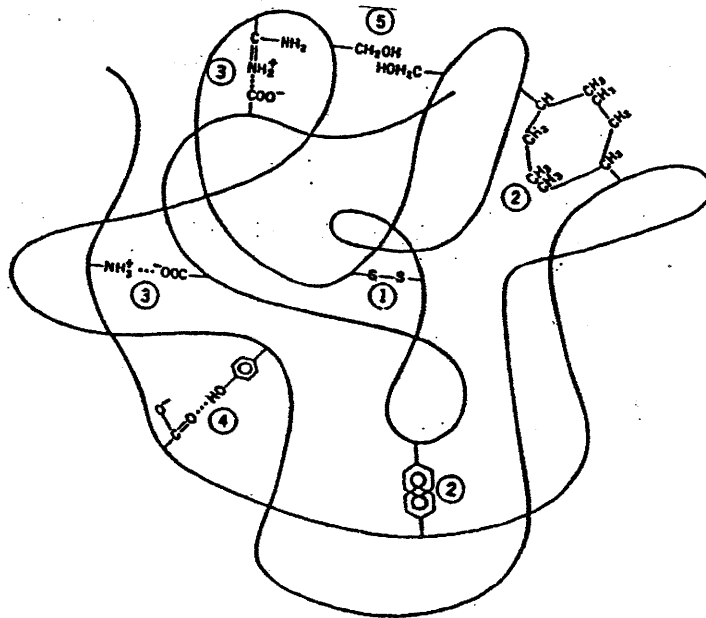


شکل ۵-۴: ساختار دوم پروتئین‌ها (A = آلفاهلیکس، B = صفحه بتای موازی، C = گردش معکوس)

### ۳- ساختمان سوم:

هنگامی تشکیل می‌شود که زنجیره‌های پپتیدی دارای ساختمان دوم در طول محور زنجیره تاب‌خورده و روی هم قرار گیرند و به صورت ساختار فشرده‌ای درمی‌آیند، شکل سه بعدی یک پروتئین مربوط به ساختمان سوم آن است.

- پیوندهای دی‌سولفیدی، هیدروژنی و هیدروفوبی این ساختار را پایدار می‌سازند.
- میوگلوبین و پپسین دارای ساختار سوم هستند.



تشکیل ساختار سوم پروتئین‌ها

بر اساس شکل ساختار سوم، پروتئین‌ها به دو دسته‌ی کروی و رشته‌ای تقسیم می‌شوند:

در فرم کروی نسبت طول به عرض کم‌تر از 10 بوده و در پروتئین رشته‌ای نسبت طول به عرض بیش از 10 است.

پروتئین‌های رشته‌ای قابلیت انحلال کمی دارند (در آب و محلول رقیق نمک‌ها نامحلول هستند) و تا حدودی در مقابل اسیدها و قلیاها مقاومت می‌کنند ساختار آن‌ها معمولاً ساده‌تر از پروتئین‌های کروی است در این گروه زنجیره‌های پلی‌پپتیدی در طول یک محور موازی هم قرار گرفته‌اند) و شامل دو دسته‌ی قابل ارتجاع مثل الاستین میوزین، کراتین و غیرقابل ارتجاع مثل کلاژن، فیبروئین (پروتئین ابریشم) هستند.

همچنین از نظر نوع پیوند این گروه به چهار دسته تقسیم می‌شوند.

#### ۱- پروتئین‌های رشته‌ای با ساختار مارپیچ آلفا:

میوزین، فیبرینوژن که قابلیت انحلال زیادی دارند.

#### ۲- پروتئین‌های رشته‌ای با ساختار صفحه‌ای بتا:

فیبروئین ابریشم

#### ۳- پروتئین‌های رشته‌ای با مارپیچ تصادفی:

زمانی تشکیل می‌شود که پرولین و هیدروکسی پرولین زیادی در زنجیره وجود داشته باشد مثل کازئین یا الاستین.

#### ۴- پروتئین‌های رشته‌ای با مارپیچ سه‌گانه: <sup>۱</sup> مثل کلاژن

پروتئین‌های کروی ساختمان پیچیده‌تری از پروتئین‌های رشته‌ای دارند. در این گروه زنجیره‌های پلی‌پپتیدی به‌صورت کره محکم و تا خورده هستند. اما نسبت به اسید و قلیا و حرارت خیلی حساس‌ترند. ساختمان دوم آن‌ها غالباً از نوع مارپیچ آلفا است. اکثراً در آب محلولند و از نظر بیولوژیکی پروتئین‌های مهم‌تری هستند. بیش‌تر آنزیم‌ها، پادتن‌ها و هورمون‌ها از این دسته‌اند.

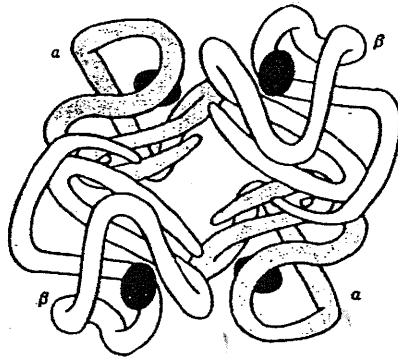
#### ۴- ساختمان چهارم:

از اتصال دو یا چند زنجیره پپتیدی توسط پیوندهای غیرکوالانسی به هم ساختمان چهارم پدید می‌آید.

- هموگلوبین خون از اتصال دو زنجیره با ساختار مارپیچ آلفا و دو زنجیر با ساختار ورقه‌ای بتای مختلف به‌وجود آمده است و شامل 576 اسیدآمینوی مختلف است.

- میوزین گوشت و گلوتئین گندم نیز ساختار چهارم دارند.

هرگاه در ساختمان یک پروتئین گروه‌های آبگریز بیش از 28% گروه‌های جانی پروتئین را شامل شوند. امکان این‌که همه آن‌ها در داخل پروتئین قرار گیرند، وجود ندارد. پس این احتمال وجود دارد که بخشی از سرهای آبگریز در قسمت‌های سطحی پروتئین قرار گیرد و به این ترتیب پیوندهای هیدروفوب زیادی تشکیل شوند که در ایجاد ساختمان چهارم نقش اساسی دارند.



شکل ۶-۴: ساختار چهارم پروتئین‌ها (هموگلوبین)

نیروهایی که در تشکیل ساختار فضایی پروتئین‌ها نقش دارند، شامل موارد زیر است:

#### ۱- پیوندهای پپتیدی:

ساختار ترانس دارند و عامل پایدارکننده‌ی ساختمان اول می‌باشند.

یک نوع پیوند کووالانسی است که بر اثر خروج آب بین کربن (گروه کربوکسیل) و نیتروژن (گروه آمین) برقرار می‌شود و از پیوندهای کووالانسی معمول بین کربن و نیتروژن کوتاه‌تر و قویتر است.

#### ۲- پیوندهای هیدروژنی:

با وجود انرژی کم ( $\frac{1}{10}$  انرژی یک پیوند کووالانسی) به سبب تعداد زیادی که دارند مهم‌ترین نیروی هستند که شکل پروتئین را حفظ می‌کنند.

#### ۳- پیوندهای دی‌سولفیدی:

مهم‌ترین پیوندهای کووالانسی بین زنجیره‌های جانبی آمینواسیدهاست. که نقش ویژه‌ای در ساختمان سوم پروتئین‌ها دارند. بر اثر اکسیداسیون بین دو اسید آمینه سیستئین ایجاد می‌شود.

#### ۴- پیوندهای هیدروفوبی:

هنگامی که زنجیره‌ی جانبی اسیدهای آمینه غیرقطبی خیلی به هم نزدیک شوند، این پیوندها تشکیل می‌شوند. نیروهای واندروالسی در تشکیل این پیوندها اهمیت دارند.

نکته: قدرت این پیوندها با افزایش دما تا حدود  $70^{\circ}\text{C}$  افزایش می‌یابد. اما در دمای خیلی بالا قدرت آن‌ها کاسته می‌شود. برخلاف پیوندهای هیدروژنی که افزایش دما سبب نابودی آن‌ها می‌گردد.

#### ۵- پیوندهای یونی:

پیوند بین گروه‌های دارای بار مثبت (زنجیره‌های جانبی لیزین و آرژنین و تا حد کمی هیستیدین) و دارای بار منفی (گروه‌های  $\text{COO}^-$  زنجیره‌های جانبی گلوتمات و آسپارات) را پیوند یونی می‌نامند.

## - دناتوراسیون<sup>۱</sup> (واسرشتی)

به هر گونه تغییر در ساختمان پروتئین‌ها بدون شکستن اتصالات پپتیدی آن‌ها، دناتوراسیون اطلاق می‌شود. در نتیجه در طی دناتوراسیون ساختمان‌های چهارم و سوم و دوم می‌توانند از بین بروند اما ساختمان اول سالم باقی می‌ماند. دناتوراسیون فرآیندی تسهیل شونده است. یعنی وقتی اولین (ضعیف‌ترین) پروتئین شکسته شد، ساختار پروتئین تضعیف می‌شود و در نتیجه پیوندهای دیگر آسان‌تر شکسته می‌شوند. هم‌چنین در اثر شکسته شدن پیوندها، پروتئین‌ها از حالت پیچ‌خورده و در هم تنیده خارج شده و به این ترتیب شکلی باز و گسترده پیدا می‌کنند. با این وضعیت بخش‌های آبگریز که تاکنون در داخل ساختار پروتئین محبوس شده بودند به سطح آمده و به این ترتیب حلالیت پروتئین کاهش می‌یابد.

**نکته:** پیوندهای کوالانسی شامل پیوندهای دی‌سولفید و پیوندهای پپتیدی می‌باشد. در دناتوراسیون تمام پیوندهای کوالانسی نابود نمی‌شوند بلکه پیوندهای دی‌سولفیدی نابود می‌شوند و پیوندهای پپتیدی سالم باقی می‌مانند.

## - عوامل دناتوراسیون

### ۱- حرارت:

اساسی‌ترین عامل دناتوره کننده، پروتئین‌ها است. عموماً دناتوراسیون (واسرشتی) در محدوده‌ی دمایی بین  $55-85^{\circ}\text{C}$  انجام می‌گیرد. یکی از عوامل مهم در حساسیت پروتئین‌ها نسبت به دناتوراسیون حرارتی میزان آب است که با افزایش آن حساسیت پروتئین‌ها به حرارت افزایش می‌یابد. در مورد کازئین دناتوراسیون در محدوده‌ی دمایی  $160^{\circ}\text{C}$  تا  $200^{\circ}\text{C}$  رخ می‌دهد. به طوری که از این پروتئین با عنوان غیرقابل دناتوراسیون حرارتی نام می‌برند. ژلاتین نیز ترکیب آمینواسیدی شبیه کازئین دارد. (یعنی پرولین زیاد و سیستئین پایینی دارند) به همین علت نسبت به دناتوراسیون مقاوم است.

- هر چه مقدار پرولین زیاد شود مقاومت حرارتی افزایش پیدا می‌کند که علت آن ممانعت این اسید آمینه از تشکیل ساختمان سوم می‌باشد. هر چه مقدار اسید آمینه سیستئین زیاد شود، تعداد پیوندهای دی‌سولفیدی زیاد شده و در نتیجه حساسیت حرارتی افزایش می‌یابد. (مقاومت حرارتی کاهش می‌یابد).

**نکته:** برای مقاومت به دناتوراسیون حرارتی سه دلیل ذکر می‌شود:

- ۱- پرولین بالا
- ۲- سیستئین پایین
- ۳- بالا بودن مقدار اسیدهای آمینه هیدروفوب در ساختار پروتئین.

### ۲- انجماد:

انجماد هم می‌تواند باعث دناتوراسیون شود. پروتئین‌های گوشت ماهی، تخم‌مرغ و میسل‌های کازئین نسبت به انجماد حساس هستند.

**۳- تغییرات pH:**

pH های خیلی بالا یا خیلی پایین تر از pH ایزوالکتریک، سبب افزایش بیش از حد بارهای الکتریکی هم نام شده و در نتیجه دافعه‌ی شدیدی به وجود می‌آید. و در نتیجه سبب باز شدن ساختمان پروتئین و دناتوراسیون آن‌ها می‌شود.

**۴- حلال‌های آلی:**

حلال‌های غیرقطبی از طریق نفوذ به قسمت‌های هیدروفوب، پیوندهای هیدروفوبی را از بین می‌برند و ساختمان را تغییر می‌دهند. دترژانت‌ها نیز که از دسته عوامل فعال سطحی هستند، توسط قسمت غیرقطبی خود به همین ترتیب عمل می‌کنند. اوره و برخی ترکیبات شیمیایی دیگر به واسطه‌ی قدرت زیادی که در تشکیل پیوند هیدروژنی دارند، با پروتئین‌ها پیوند هیدروژنی تشکیل داده و در نتیجه پیوند هیدروژنی خود پروتئین‌ها را می‌شکنند.

**۵- عوامل فیزیکی:**

هم‌زدن، فشار، تشعشع، فرارگیری پروتئین‌ها در سطح میان دو محیط قطبی و غیرقطبی باعث دناتوراسیون می‌شود. عمل هم‌زدن پروتئین‌ها سبب لایه‌ای شدن پروتئین روی سطوح می‌گردد. لایه‌ای شدن ناشی از باز شدن پروتئین در سطح است که قسمت‌های هیدروفوبیک در آب حل شده در حالیکه بخشهای هیدروفوبیک با هم پیوند برقرار کرده‌اند بنابراین لایه‌های نازکی از پروتئین تشکیل می‌گردد مثلاً کف کردن سفیده تخم‌مرغ در اثر زدن نوعی دناتوراسیون است که باعث لایه‌ای شدن پروتئین‌های سفیده تخم‌مرغ می‌شود.

به ندرت این احتمال وجود دارد که پروتئین‌های دناتوره شده بخشی از ساختار از دست رفته‌ی خود را به‌دست آورد. این وضعیت مربوط به حالتی است که عوامل دناتوره کننده خیلی شدید یا قوی نباشند.

**- اثرات دناتوراسیون**

- ۱- کاهش حلالیت: به‌علت قرار گرفتن بخش‌های هیدروفوب در سطح پروتئین.
- ۲- کاهش قابلیت بیولوژیکی: خاصیت بیولوژیکی را یا از بین می‌برد و یا کم می‌کند.
- ۳- افزایش حساسیت به آنزیم‌های تجزیه‌کننده: حساسیت پیوندهای پپتیدی پروتئین به هیدرولیز شدن توسط پروتئازها زیاد می‌شود. به عنوان مثال اگر پروتئین دارای اثرات آنزیمی باشد این اثرات به خاطر وقوع دناتوراسیون کاهش یافته یا از بین می‌روند.
- ۴- کاهش هدایت الکتریکی.
- ۵- افزایش ویسکوزیته.
- ۶- افزایش خواص امولسیفایری.
- ۷- کاهش قدرت جذب آب.
- ۸- کاهش قابلیت کریستالیزاسیون.
- ۹- افزایش چرخش زاویه نور پلاریزه.

در یک دناتوراسیون جزئی ساختمان پروتئین‌ها باز می‌شود و به این ترتیب بخش‌های آبگریزی که تاکنون درون پروتئین‌ها قرار داشتند، به سطح می‌آیند. پس در یک پروتئین دناتوره شده، بخش‌های آب‌دوست و آب‌گریز هر دو در سطح قرار می‌گیرند، در نتیجه به راحتی مابین دو فاز قطبی و غیرقطبی قرار گرفته و خواص امولسیفایری خود را نشان می‌دهد.

در pH ایزوالکتریک برخلاف دناتوراسیون پروتئین‌ها منقبض می‌شوند، به همین علت گروه‌های آب‌دوست یا آب‌گریز در سطح پروتئین کاهش پیدا می‌کند، در نتیجه خواص امولسیفایری پروتئین هم کاهش خواهد یافت.

## خواص کاری پروتئین‌ها

خواص کاری به هر خاصیت پروتئین بجز ارزش تغذیه‌ای آن گفته می‌شود که بر مصرف آن اثر می‌گذارد. خواص کاری شامل موارد زیر است:

- ۱- خواص حسی مثل بافت، مزه، بو و رنگ
- ۲- آبدار شدن، پخش پذیری، حل پذیری و تورم
- ۳- خواص فعال در سطح مثل امولسیون کنندگی، کف کنندگی
- ۴- خواص رئولوژیکی مثل ژله‌ای شدن
- ۵- چسبندگی، چسبانندگی و تولید خمیر

### ۱- جذب آب:

مهم‌ترین خصوصیت فیزیکی پروتئین‌ها، جذب آب است.

در اثر دناتوراسیون به واسطه‌ی تشکیل گروه‌های آب‌گریز در سطح پروتئین، قدرت جذب آب آن‌ها کاهش می‌یابد. زیرا جذب آب در سطح پروتئین‌ها از طریق پیوندهای هیدروژنی صورت می‌گیرد، در نتیجه هر عاملی که سبب از بین رفتن این پیوندها شود بر جذب آب اثر منفی دارد.

### ۲- حلالیت:

پروتئین‌ها پس از انحلال در آب به سبب وزن مولکولی بالا محلول‌های کلئیدی تشکیل می‌دهند.

- پروتئین‌ها در حلال‌های قطبی قوی، محلول هستند و با کاهش قطبیت حلال از حلالیت آن‌ها کاسته می‌شود.
- میزان حل شدن آن‌ها در آب بستگی به PH و غلظت نمک دارد.

نمک‌های خنثی در غلظت کم خود سبب افزایش حلالیت پروتئین‌ها می‌شوند. این پدیده «ورود با نمک<sup>۱</sup>» نام دارد و ناشی از قرار گرفتن یون‌های نمک در میان رشته‌های پروتئین و جلوگیری از برقراری پیوند بین آن‌ها می‌باشد، در این مورد نمک یون‌های دو ظرفیتی مثل  $MgCl_2$  مؤثرتر از انواع یک ظرفیتی مثل NaCl است.

اما هرگاه غلظت نمک از حدی تجاوز کند سبب کاهش حلالیت پروتئین می‌شود، این حالت «خروج با نمک<sup>۲</sup>» نام دارد و ناشی از رقابت پروتئین و نمک در جذب آب می‌باشد.

وجود شرایط قلیایی ملایم باعث می‌شود که گروه‌های کربوکسیل پروتئین یونیزه شوند و گروه‌های منفی به وجود آمده توسط نیروهای دافعه بین خود باعث افزایش حلالیت پروتئین شوند.

### ۳- ویسکوزیته محیط:

جذب آب توسط پروتئین و پیوستن رشته‌های پروتئینی به یکدیگر سبب افزایش اندازه‌ی ذره‌ای پروتئین می‌گردد، که این امر افزایش ویسکوزیته را به دنبال دارد.

- پروتئین‌ها از دسته‌ی ترکیبات شبه پلاستیک<sup>۳</sup> هستند. یعنی ویسکوزیته آن‌ها در اثر تنش برشی<sup>۴</sup> کاهش پیدا می‌کند.
- هر چه قدرت جذب آب پروتئین بیشتر باشد، توانایی ایجاد ویسکوزیته پروتئین بیشتر می‌گردد.

### ۴- تشکیل ژل:

برای تشکیل ژل بایستی شبکه‌ای از زنجیره‌های پروتئینی تشکیل شود، تا مقادیری خاص از آب را در خود نگه دارد. پیوندهای

1. salting in  
2. salting out  
3. Pseudoplastic  
4. Shear force

هیدروفوب در ایجاد ژل‌های پروتئینی نقش مهمی دارند. اولین مرحله در تشکیل ژل دناتوراسیون و باز شدن زنجیره‌ها از هم است. در مرحله‌ی بعد مولکول‌های پروتئین مجتمع شده و این موضوع سبب تشکیل شبکه‌ای می‌شود که آب را درون خود نگه می‌دارد. ژل‌های پروتئینی دودسته هستند:

- ۱- ژل‌های ترموپلاستیک: یعنی ژل‌هایی که در اثر حرارت ذوب شده و تبدیل به سول می‌گردند.
- ۲- ژل‌های ترموست: یعنی ژل‌هایی که در اثر حرارت دادن تبدیل به سول نمی‌شوند. مثل ژل سفیده تخم‌مرغ که در ایجاد این ژل‌ها پیوندهای دی‌سولفیدی نقش مهمی دارند.

### ۵- خواص امولسیفایری:

به سبب اینکه پروتئین‌ها گروه‌های آب‌دوست و آب‌گریز را تماماً دارا هستند، می‌توانند به عنوان عوامل امولسیفایری عمل کنند. pH محیط به سبب تاثیر بر میزان گروه‌های آب‌دوست و آب‌گریز در سطح پروتئین بر خواص امولسیفایری آن‌ها اثر می‌گذارد. کم‌ترین میزان خواص امولسیفایری در pH ایزوالکتریک است. از سوی دیگر هر چه غلظت نمک در محیط کاهش یابد خواص امولسیفایری پروتئین‌ها افزایش می‌یابد که مربوط به پدیده *sinking in* می‌باشد. پروتئولیز<sup>۱</sup> محدود پروتئین‌ها به سبب افزایش حلالیت پروتئین‌ها و باز شدن جزئی ساختمان زنجیره پروتئین‌ها سبب افزایش خواص امولسیفایری می‌گردد.

اما اگر میزان پروتئولیز افزایش یابد ویسکوزیته به حدی کاهش می‌یابد که دیگر سبب افزایش پایداری امولسیون نمی‌شود.

### ۶- کیفیت تغذیه‌ای پروتئین‌ها:

در مقایسه پروتئین‌های گیاهی و جانوری، ارزش تغذیه‌ای انواع جانوری بالاتر است، این موضوع سه دلیل اساسی دارد:

- ۱- پروتئین‌های گیاهی درون سلول گیاهی قرار گرفته‌اند که بستری سلولزی دارد. به همین علت این پروتئین‌ها به راحتی در اختیار آنزیم‌های پروتئازی قرار نمی‌گیرند و مقدار زیادی از آن‌ها بدون هضم شدن دفع می‌شوند.
  - ۲- گاهی اوقات پروتئین‌های گیاهی همراه با یک‌سری ترکیبات مضر و ضد تغذیه‌ای می‌باشند. مثلاً در سویا باز دارنده‌های بومن‌بیرک-کونیتز وجود دارند که بازدارنده آنزیم تریپسین<sup>۲</sup> می‌باشد و یا در حبوبات هم آگلوتینین‌ها (لکتین) وجود دارند.
  - ۳- پروتئین‌های گیاهی از نظر برخی آمینواسیدهای ضروری دچار کمبود هستند که به آن‌ها اسیدهای آمینه محدودکننده می‌گویند. به عنوان مثال غلات از نظر لیزین فقیر هستند. ذرت علاوه بر لیزین از نظر تریپتوفان نیز فقیر است و چون تریپتوفان پیش‌ساز نیاسین است، افرادی که رژیم غذایی آن‌ها سرشار از ذرت می‌باشد، دچار کمبود نیاسین و بیماری پلاگر می‌شوند.
- سویا منبع خوبی از لیزین است، اما از لحاظ متیونین فقیر است. حبوبات به طور کلی از لحاظ اسیدهای آمینه گوگرد دار به ویژه متیونین فقیر هستند.

دانه	اولین اسید آمینه محدود کننده	دومین اسید آمینه محدود کننده
گندم	لیزین	ترئونین
ذرت	لیزین	تریپتوفان
برنج	لیزین	ترئونین
سورگوم	لیزین	ترئونین
ارزن	لیزین	ترئونین

اسیدهای آمینه ضروری محدود کننده تعدادی از پروتئین‌های دانه‌ای

1. proteolysis  
2. Trypsin inhibitors



در مورد مصرف پروتئین‌های گیاهی باید از مخلوط متعادل استفاده کرد. یعنی مخلوطی از پروتئین‌های گیاهی که هر کدام کمبود آمینواسید دیگری را جبران می‌کنند، مثل مصرف غلات همراه حبوبات یا نان همراه سویا. برای مقایسه کیفیت پروتئین‌ها میزان اسیدهای آمینه ضروری موجود در آن‌ها و نیز قابلیت هضمی<sup>۱</sup> آن پروتئین مدنظر است. در این رابطه میزان کارایی مصرف پروتئین (NPU)، شاخص بیولوژیکی پروتئین و شاخص شیمیایی<sup>۲</sup> آن حایز اهمیت هستند.

• ارزش بیولوژیکی، میزان ترکیبات بازدارنده و چگونگی الگوی توزیع اسیدهای آمینه را در آن فرآورده نشان می‌دهد. پروتئین تخم‌مرغ دارای ارزش بیولوژیک 100 است، یعنی به عنوان مینا در نظر گرفته شده و سایر پروتئین‌ها نسبت به آن سنجیده می‌شوند.

ارزش بیولوژیکی	نوع ماده غذایی
100	تخم‌مرغ
90	آب‌پنیر $\Leftarrow$ (ارزش بیولوژیکی $\alpha$ لاکت‌آلبومین 104 است)
84	ماهی
80	گوشت
67	برنج
0	کلاژن

## فرآورده‌های پروتئینی

### ۱- پروتئین‌های گوشت:

گوشت از سلول‌های عضلانی به نام فیبرهای عضلانی تشکیل شده است. غشای این سلول‌ها سارکولما و سیتوپلاسم آن‌ها سارکوپلاسم نامیده می‌شود. که اندامک‌های سلولی درون سارکوپلاسم قرار دارند. این فیبرها که ماهیچه‌ها از آن‌ها تشکیل می‌شوند، محتوی تعداد زیادی میوفیبریل هستند.

بر اساس حلالیت به سه دسته اساسی تقسیم می‌شوند.

#### ۱- پروتئین‌های میوفیبریلی<sup>۳</sup>:

فراوان‌ترین گروه پروتئین‌های گوشت هستند و 50 تا 55 درصد از پروتئین‌های گوشت را تشکیل می‌دهند و شامل میوزین<sup>۴</sup> (فراوان‌ترین پروتئین ماهیچه) اکتین<sup>۵</sup>، تروپونین<sup>۶</sup> و تروپومیوزین<sup>۷</sup> می‌باشد.

#### ۲- پروتئین‌های سارکوپلاسمی<sup>۸</sup>:

محلول در آب بوده به مقدار 30-35 درصد می‌باشند این گروه اصطلاحاً میوزن نامیده می‌شوند شامل هموگلوبین - میوگلوبین - سیتوکروم اکسیداز می‌باشند.

1. Digestibility
2. Chemical score
3. Myofibrillar
4. Myosin
5. Actin
6. Troponin
7. Tropomyosin
8. Sarcoplasmic

### ۳- پروتئین های استرومایدی (بافت پیوندی):

شامل کلاژن<sup>۱</sup> (گسترده ترین گروه پروتئین های بدن) الاستین<sup>۲</sup> - رتیکولین - این گروه در آب نامحلول اند. در حدود 10 تا 15 درصد پروتئین های گوشت را شامل می شوند.

#### اکتین:

پروتئین اصلی فیلامنت نازک است، در شکل منومری<sup>۳</sup> کروی است و G اکتین نامیده می شود. زمانی که ATP متصل به اکتین تجزیه می شود آن گاه G اکتین ها به هم متصل شده و F اکتین (رشته ای) تشکیل می شود.

به علت این که پرولین بالایی دارد، ماریچ  $\alpha$  در آن کم می باشد. حلالیت آن در آب از میوزین کم تر است.

#### میوزین:

فراوان ترین پروتئین ماهیچه است و فعالیت آنزیمی دارد. یعنی قدرت تجزیه ATP را دارد. در اثر این عمل ATP به ADP و فسفات غیرآلی تجزیه می شود و انرژی آزاد می شود. مقدار زیادی از ساختار آن به صورت ماریچ آلفا می باشد. از دو بخش مرومیوزین سنگین (سر میوزین) و مرومیوزین سبک (دم میوزین) تشکیل شده است. فعالیت آنزیمی منحصر به بخش مرومیوزین سنگین است.

نسبت اکتین به میوزین 1 به 3 است. این پروتئین ها مسئولین انقباض عضله هستند، در هنگام انقباض به هم متصل شده و اکتومیوزین را تشکیل می دهند. سپس با هزینه شدن ATP این دو از هم جدا شده و انبساط عضلانی حاصل می شود.

#### اکتومیوزین:

اکتومیوزین کمپلکس F-اکتین و میوزین است. عامل انقباض و انبساط ماهیچه می باشد، بیشتر پروتئین ماهیچه که به عنوان غذا مصرف می شود اکتومیوزین است که طی جمود نعشی از پلیمری شدن و الحاق اکتین و میوزین تشکیل شده است.

پس از ذبح دام در اثر تجزیه گلیکوژن به صورت بی هوازی مقدار کمی ATP تولید می شود، بنابراین برای مدتی اتصال اکتومیوزینی از هم جدا می شوند. اما پس از آن ذخیره گلیکوژنی کاهش یافته و به اتمام می رسد، به این ترتیب تولید ATP متوقف می شود. پس یک اتصال نسبتاً پایدار بین اکتین و میوزین به وجود می آید که از آن تحت عنوان **Rigor Mortis** یا **جمود نعشی** نام می برند.

از سوی دیگر هنگام تجزیه بی هوازی گلیکوژن مقادیری اسیدلاکتیک تولید می شود، که اگر ذخیره گلیکوژنی اولیه در حد کافی باشد، PH گوشت را تا نزدیک نقطه ایزوالکتریک اکتومیوزین یعنی 5.4 کاهش می دهد.

به این ترتیب ظرفیت نگهداری آب گوشت WHC<sup>4</sup> کاهش می یابد. (در PH ایزوالکتریک پایین ترین میزان ظرفیت نگهداری آب گوشت وجود دارد).

نکته ۱: انجاماد گوشت قبل از جمود نعشی سبب می شود ابعاد کریستال های حاصله کوچک باشند. زیرا بخش زیادی از آب درگیر اکتین و میوزین است. اما در صورت منجمد کردن در حین جمود نعشی از آن جایی که اکتین و میوزین به هم متصل اند و دیگر توانایی جذب آب را ندارند. با متصل شدن آب به سطح کریستال ها ابعاد آن ها پی در پی بزرگ می شود.

نکته ۲: منجمد کردن گوشت قبل از جمود نعشی سبب توقف جمود نعشی شده و در مرحله دیفراسست گوشت سریعاً وارد مرحله جمود نعشی می شود.

1. Collagen
2. Elastin
3. Monomer
4. Water Holding Capacity

## کلاژن:

گسترده‌ترین گروه پروتئین‌ها در حیوانات می‌باشد. بخشی از بافت پیوندی ماهیچه پوست - استخوان - تاندون‌ها (زردپی) و حتی دندان می‌باشد. کلاژن‌ها از لحاظ ساختاری حالت مارپیچ سه گانه یا Tripple Helix دارند و به صورت گلیکوپروتئین می‌باشد.

- اسیدهای آمینه گلیسین (فراوان‌ترین آمینو اسید کلاژن)، آلانین، پرولین و هیدروکسی پرولین در کلاژن وجود دارند. هیدروکسی پرولین اسید آمینه شاخص کلاژن و بافت پیوندی است. با اندازه‌گیری میزان آن می‌توان میزان گوشت در یک فرآورده گوشتی را تخمین زد.

کلاژن به لحاظ تردی گوشت یک پارامتر منفی است. واحد سازنده کلاژن، تروپوکلاژن است. با افزایش سن دام، تردی آن کاهش می‌یابد. علت آن افزایش اتصالات عرضی کووالانسی بین مولکول‌های تروپوکلاژن است که باعث کاهش حلالیت کلاژن می‌شود.

- کلاژن از لحاظ تغذیه‌ای مفید نیست. حرارت دادن فیبرهای کلاژنی تا دمای  $60-70^{\circ}\text{C}$  منجر به کاهش  $\frac{1}{4}$  تا  $\frac{1}{3}$  طول آن‌ها می‌شود. این دما تحت عنوان دمای چروکیدگی کلاژن نامیده می‌شود.

- اگر حرارت تا  $80^{\circ}\text{C}$  ادامه یابد کلاژن تبدیل به ژلاتین می‌شود. هر چه میزان پرولین و هیدروکسی پرولین بالاتر باشد، دمای تبدیل کلاژن به ژلاتین بیش‌تر می‌شود. به این ترتیب کلاژن ترکیبی است که در اثر دناتوراسیون برخلاف سایر پروتئین‌ها حلالیتش افزایش می‌یابد.

فرآیند تغییر شکل کلاژن به ژلاتین سه مرحله اساسی دارد:

- ۱- شکسته شدن تعداد کمی از پیوندهای پپتیدی جهت کاهش طول زنجیره
  - ۲- شکسته شدن تعدادی از اتصالات عرضی بین زنجیره‌ها
  - ۳- اساسی‌ترین مرحله که تغییر در آرایش فضایی زنجیره است.
- در نتیجه این مراحل کلاژن نامحلول تبدیل به ژلاتین محلول می‌شود که توانایی ایجاد ژل دارد. فرآیند تشکیل ژل ژلاتینی به حضور گروه گوانیدین اسید آمینه آرژنین وابسته است.

هیپوبرومین توانایی نابود کردن گروه گوانیدین را دارد و وقتی به ژلاتین اضافه شود مانع تشکیل ژل توسط آن می‌شود. متداول‌ترین منبع تولید ژلاتین پوست خوک است. اما از منابع دیگر مثل استخوان نیز می‌توان استفاده کرد. ژلاتین همانند کازئین ترکیبی پروتئینی با مقاومت حرارتی بسیار بالاست.

## الاستین:

به میزان کم‌تری از کلاژن در بافت همبند یافت می‌شود. در این مورد نیز اصلی‌ترین آمینو اسید گلیسین است. اما شاخص آن دو اسید آمینه دسموزین و ایزو دسموزین می‌باشد. توانایی تشکیل ژل ندارد و همانند کلاژن ارزش تغذیه‌ای پایینی دارد در مقابل آنزیم‌های گوارشی مثل پپسین، تریپسین و کیموتریپسین مقاوم است.

## رتیکولین:

همانند کلاژن در اثر حرارت ژلاتین تهیه می‌کند. میزان زیادی اسید میریستیک در ساختار خود دارد. یک موکوپروتئین است.

### پروتئین‌های ماهی:

مقدار پروتئین ماهی تقریباً با گوشت بی‌چربی برابر است. بر اساس حلالیت همانند گوشت قرمز به سه دسته پروتئین‌های سارکوپلاسمی (میوزن)، استرومایی و میوفیبریلی تقسیم می‌شوند. میوزین ماهی به شدت ناپایدار است و به آسانی دنا توره می‌شود. این فرآیند سبب سفت شدن گوشت ماهی می‌شود. میزان کل پروتئین‌های پیوندی گوشت ماهی از گوشت قرمز کم‌تر است. یعنی کلاژن کم‌تری دارد و فاقد الاستین است. در نتیجه گوشت ماهی نسبت به گوشت قرمز تردتر می‌باشد. ماهی منبع خوب فسفر است اما از لحاظ کلسیم فقیر است. ماهی‌ها معمولاً از لحاظ آهن فقیرند ماهی‌های دریایی از لحاظ ید غنی هستند. ماهی‌های چرب منابع با ارزش ویتامین‌های محلول در چربی A و D هستند.

### پروتئین‌های شیر:

#### پروتئین‌های شیر به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

الف) کازئین‌ها یا پروتئین‌های نامحلول که ۷۸ درصد وزن پروتئین‌های شیر را تشکیل می‌دهند.

ب) پروتئین‌های سرمی<sup>۱</sup> یا پروتئین‌های محلول که ۱۷ درصد وزن کل پروتئین شیر را شامل می‌شوند.

علاوه بر دو گروه فوق حدود ۵ درصد مواد نیتروژنه غیر پروتئینی (NPN) مثل پپتیدها و آمینواسیدها نیز وجود دارند.

کازئین‌ها هتروفسفوپروتئین‌هایی هستند که از شیر بدون چربی در PH برابر 4.6 در دمای 20°C رسوب می‌کنند. پروتئین‌هایی که به صورت محلول باقی می‌مانند را پروتئین‌های آب پنیر می‌گویند که توسط نیمه اشباع کردن با سولفات آمونیوم یا اشباع کامل با منیزیم به دو دسته تقسیم می‌شوند یکی لاکتوگلوبولین که در این حالت رسوب می‌کند و دیگری لاکتالبومین که به صورت محلول باقی می‌ماند.

کازئین‌ها را به طرق مختلف می‌توان بدست آورد که از آن جمله می‌توان به رسوب دادن اسیدی، عمل آنزیم رنین و یا اشباع کردن با نمک طعام اشاره کرد.

ترکیب کازئین به روش رسوب دادن بستگی دارد. کازئین در حالت عادی همراه با کلسیم و فسفر و منیزیم و سیترات می‌باشد. پس آن را فسفوکازئینات کلسیم می‌نامند. در این حالت کازئین رسوب کرده با اسید، فاقد املاح می‌باشد.

اما در کازئین رنینی و کازئین رسوب کرده با نمک، املاح وجود دارد پس لخته آنزیمی از نظر تغذیه‌ای مفیدتر از لخته لاکتیکی می‌باشد.

کازئین توسط الکتروفورز به سه جزء اصلی آلفا، بتا و گاما تقسیم می‌شود که به ترتیب ۷۵، ۲۲، ۳ درصد از کازئین را تشکیل می‌شود. خود گروه آلفا به چند بخش تقسیم می‌شود که فراوانترین آنها زیر جزء αs می‌باشد که جزء حساس<sup>۲</sup> به کلسیم می‌باشد.

جزء غیر حساس به کلسیم را کاپاکازئین می‌نامند که این جز به رنین (آنزیم پنیرسازی) حساس است. این قسمت تنها جزء کازئین است که دارای اسید آمینه سیستئین می‌باشد همچنین تنها جزء دارای کربوهیدرات کازئین است.

بتاکازئین در یک انتهای خود ویژگی آب‌دوستی و در یک انتهای دیگر خصوصیت آب‌گریزی دارد پس از جمله پروتئین‌هایی است که ویژگی فعال سطحی خوبی دارد به همین علت خواص امولسیفایری خوبی دارد. این پروتئین بر خلاف سایر کازئین‌های دیگر در دمای پائین محلول‌تر است و با سرد کردن رسوب نمی‌کند.

1. Serum proteins

2. Sensitive

در اثر نگهداری شیر در سرما بتاکازئین وارد فاز سرمی شیر می‌شود و توسط پلاسمین (پروتنازقلیایی) تجزیه می‌شود و گاما کازئین و پروتئوزپتون تشکیل می‌شود. پس گاما کازئین، کازئین طبیعی شیر نیست و از هیدرولیز بتا کازئین تشکیل می‌شود.

### پروتئین‌های سرمی شیر:

#### ۱- بتالاکتوگلوبولین<sup>۱</sup>:

فراوانترین پروتئین سرمی شیر است 50 درصد پروتئین‌های سرمی و حدود 8.5 درصد کل پروتئینهای شیر را تشکیل می‌دهد. در شیر انسان وجود ندارد. تنها پروتئین شیر است که حاوی سیستین می‌باشد یعنی دارای گروههای سولفیدریل آزاد است. پس در اثر فرایند حرارتی ایجاد سولفید هیدروژن می‌کند که هم باعث ایجاد طعم پختگی و هم باعث ایجاد خواص آنتی اکسیدانی در شیر می‌شود. ایجاد کمپلکس بین بتالاکتوگلوبولین و کاپا کازئین در اثر فرایند حرارتی شیر قبل از پنیرسازی باعث ممانعت از دسترسی آنزیم رنین به کاپا کازئین و در نتیجه کاهش بهره پنیرسازی می‌شود.

#### ب) آلفا لاکتوآلبولین<sup>۲</sup>:

وزن مولکولی کمی دارد و غنی از تریپتوفان می‌باشد نقش مهمی در سنتز لاکتوز دارد پس شیرهایی مثل شیر انسان و مادیان که لاکتوز بیشتری دارند از لحاظ آلفالاکتوآلبولین غنی می‌باشند.

#### ج) ایمونوگلوبولین<sup>۳</sup>:

گلیکوپروتئین‌هایی با وزن مولکولی بالا هستند. شامل چند نوع مختلف می‌باشند:

IgA (نوع غالب در شیر انسان) IgM (عامل خوشه‌ای شدن گلبول‌های چربی) IgG که خود به دو نوع IgG<sub>1</sub> (فرم غالب در شیر گاو) و IgG<sub>2</sub> تقسیم می‌شود.

مقدار این پروتئینها در آغوز خیلی بیشتر از شیر گاو می‌باشد زیرا خاصیت آنتی بادی دارد. بین پروتئینهای شیر کمترین مقاومت را به حرارت دارد.

#### د) پروتئوزپتونها

#### ه) لاکتوزین

#### پروتئین تخم مرغ:

تخم مرغ به طور متوسط حدود 60 گرم وزن دارد و شامل سه قسمت اساسی پوسته، سفیده و زرده می‌باشد.

پوسته لایه‌ی سختی است که متشکل از یک بستر پروتئینی می‌باشد که در آن گروههای کربنات کلسیم و منیزیم قرار گرفته است با افزایش میزان منیزیم سختی پوسته زیاد می‌شود. رنگ پوسته یک خاصیت نژادی است و نشانه مرغوبیت تخم مرغ نمی‌باشد.

در انتهای بزرگ تخم مرغ، پرده از پوسته جدا شده و یک کیسه هوایی با قطر حدود 5 mm ایجاد می‌کند. هر چه تخم مرغ کهنه‌تر می‌شود. کیسه‌هوائی آن بزرگ‌تر شده در نتیجه دانسیته تخم مرغ کاهش می‌یابد.

سفیده مایعی لزج است که از ۴ بخش مجزا تشکیل شده:

۱- لایه رقیق

۲- لایه غلیظ

۳- لایه سفید رقیق درونی

1.  $\beta$  - Lactoglobulin

2.  $\alpha$  - Lactalbumin

3. Immunoglobulin

۴- لایه شالاز: این لایه در سمت سر بزرگ تخم مرغ در جهت عقربه ساعت و در سمت سر کوچک تخم مرغ در جهت خلاف ساعت به هم پیچیده شده و زرده را نگه می‌دارد.

• سفیده 60% وزن تخم مرغ را شامل می‌شود pH سفیده تخم مرغ تازه 7.6 است. اما بلافاصله میزان زیادی CO<sub>2</sub> از آن خارج می‌شود و به سرعت pH آن افزایش می‌یابد. به طوری که pH آن به حدود 9.7 خواهد رسید. قسمت عمده‌ی این افزایش pH فقط در چند ساعت اول و به طور خاص یک ساعت اول رخ می‌دهد.

#### پروتئین‌های سفیده تخم مرغ:

بر اساس وزن خشک 83% و بر اساس وزن مرطوب حدود 11% وزن سفیده تخم مرغ پروتئین است. اما به طور کلی  $\frac{1}{8}$  وزن آن پروتئین و  $\frac{7}{8}$  آن آب است. مقدار بسیار اندکی چربی و حدود 0.6% مواد معدنی دارد.

#### ۱- اووآلبومین<sup>۱</sup> (آلبومن):

بیش از 50% پروتئین‌های سفیده تخم مرغ را تشکیل می‌دهد بنابراین فراوان‌ترین پروتئین تخم مرغ است. یک فسفوگلیکو پروتئین است و مقدار کمی کربوهیدرات هم دارد. تنها پروتئین‌ای است که گروه سولفیدریلی دارد. خواص ژل‌کنندگی خوبی دارد.

#### ۲- اوومو کوئید<sup>۲</sup>:

یک گلیکوپروتئین است که در ساختار خود گلوکزآمین دارد. بازدارنده آنزیم تریپسین بوده و نسبت به دناتوراسیون حرارتی مقاوم است. هضم پروتئین تخم مرغ خام به طور کامل صورت نمی‌گیرد، علت این موضوع فعال ماندن این پروتئین و ممانعت از اثر آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین در بدن است.

#### ۳- اووموسین<sup>۳</sup>:

یک گلیکوپروتئین و یک سیالوپروتئین (دارای اسید سیالیک) است. نقش آن افزایش ویسکوزیته تخم مرغ است. هم‌چنین از هماگلوتیناسیون و ویروسی جلوگیری می‌کند.

• ترکیب لایه‌های رقیق و غلیظ سفیده تخم مرغ در میزان اووموسین تفاوت می‌کند، به طوری که میزان این پروتئین در لایه‌های غلیظ از رقیق بیش‌تر است. در آب محلول نیست، پس وقتی که سفیده را در آب رقیق کنیم ته‌نشین می‌شود.

#### ۴- لیزوزیم<sup>۴</sup>:

جزء گلوبولین‌ها طبقه‌بندی می‌شود. خاصیت تجزیه دیواره‌ی سلولی باکتری‌های g<sup>+</sup> را دارد. مقدار زیادی اسیدآمینو قلیایی دارد. بنابراین pH ایزوالکتریک آن 10.7 است که از همه پروتئین‌های تخم مرغ بالاتر است. سه نوع G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub> آن وجود دارد که فعالیت ضد میکروبی منحصر به بخش G<sub>1</sub> است. نسبت به گرما - سرما، پروتئازها و آنزیم تریپسین مقاوم است. کمترین وزن مولکولی را بین پروتئین‌های زرده تخم مرغ دارد.

نکته: یکی از ویژگی‌های مهم پروتئین سفیده تخم مرغ ایجاد کف است که در این رابطه لیزوزیم مسئول ایجاد کف و اووموسین مسئول

ثبات کف است.

1. Ovalbumin
2. Ovomucoid
3. Ovomucin
4. Lysozyme

### ۵- کونالبومین<sup>۱</sup> (اووترانسفرین):

یک گلیکو پروتئین است که قادر به اتصال با یون‌های دو یا سه ظرفیتی مثل  $Al^{3+}$ ،  $Cu^{2+}$ ،  $Zn^{2+}$  و به‌ویژه آهن فریک ( $Fe^{+3}$ ) و خارج کردن آن از دسترس میکروارگانیزم‌ها می‌باشد اما این خاصیت در اثر دناتوراسیون از بین می‌رود.

- بنابراین خواص ضد میکروبی دارد. در بین پروتئین‌های سفید تخم‌مرغ بالاترین وزن مولکولی را دارد.

### ۶- آویدین<sup>۲</sup>:

کمترین مقدار را بین پروتئین‌های سفید تخم‌مرغ دارد. توانایی اتصال به بیوتین<sup>۳</sup> و خارج نمودن آن از دسترس میکروارگانیزم‌ها را دارد. البته دناتوراسیون حرارتی از این عمل جلوگیری می‌کند.

### ۷- فلاوپروتئین:

این ترکیب آپوپروتئین نیز نامیده می‌شود. توانایی اتصال به ریوفلاوین و خارج کردن آن از دسترس میکروارگانیزم‌ها را دارد.

**لیپیدهای سفیده:**

مقدار لیپیدهای سفیده بسیار ناچیز است. (0.03%)

### کربوهیدرات‌های سفیده:

کربوهیدرات‌های سفیده تخم‌مرغ کمتر از 1% وزن آن را تشکیل می‌دهند. حدود نصف این مقدار آزاد و نیم دیگر به پروتئین‌ها متصل هستند. اصلی‌ترین کربوهیدرات آزاد گلوکز است.

### مواد معدنی سفیده:

سفیده حدود 0.6% املاح دارد. مقدار گوگرد، سدیم و پتاسیم از سایر ترکیبات بیشتر هستند.

### ویتامین‌های سفیده:

اصولاً از نظر ویتامین و املاح زرده وضعیت مناسب‌تری نسبت به سفیده دارد. ریوفلاوین و پنتوتنیک اسید بیشتر از سایر ویتامین‌ها در سفیده یافت می‌شوند.

### زرده تخم‌مرغ:

زرده یک امولسیون روغن در آب است که توسط لستین پایدار شده و توسط شالاز درون سفیده نگه داشته می‌شود. طی نگهداری تخم‌مرغ، آب و یون‌های دو ظرفیتی از سفیده به زرده منتقل شده و در نتیجه زرده رقیق می‌شود. به این ترتیب سفیده نیز چروک می‌خورد و به پوسته نزدیک می‌شود.

در اثر نگهداری زرده در دمای پایین‌تر از  $6^{\circ}C$  ویسکوزیته از حالت قبل از انجماد بیش‌تر می‌شود که این تغییر برگشت ناپذیر است و ژله‌ای شدن نامیده می‌شود. حجم کیک‌هایی که با زرده ژله‌ای شده تولید می‌شوند کم‌تر از زرده ژله‌ای نشده است.

- زرده تخم‌مرغ دارای ۵۰ درصد ماده خشک است که حاوی  $\frac{1}{3}$  پروتئین و  $\frac{2}{3}$  لیپید می‌باشد.

- پروتئین‌های آن زمانی که با آب رقیق شوند رسوب می‌کنند. به طور کلی 16% وزن کل زرده پروتئین است.

**پروتئین‌های زرده تخم‌مرغ:**

۱- فسوتین<sup>۱</sup>: فسفو گلیکوپروتئین است، لیپید ندارد اما 10% وزن آن فسفر است. در نتیجه منبعی بسیار غنی از فسفر می‌باشد. ضمن اینکه منبع خوبی از آهن است. زیرا یون‌های فریک به‌طور محکمی به فسوتین متصل شده‌اند و کمپلکس محلولی را تشکیل می‌دهند کم‌ترین وزن مولکولی را بین پروتئین‌های زرده دارد.

۲- لیوتین<sup>۲</sup>: فاقد فسفر و لیپید است. بخش کروی و محلول در آب است.

۳- لیپو پروتئین: شامل لیپو ویتلین<sup>۳</sup> لیپو ویتلن<sup>۴</sup> است.

لیپوویتلین: غشای بی‌رنگ دور زرده است و در تخم‌مرغ تازه سفت است جنس آن HDL است.

لیپوویتلن<sup>۴</sup>: از جنس LDL است و 80% لیپید دارد.

**کربوهیدرات‌های زرده:**

حدود 1% وزن زرده را تشکیل می‌دهد که حدود 0.2% آن به پروتئین‌ها متصل هستند.

**کانی‌های زرده:**

حدود 1.1% وزن زرده را املاح تشکیل می‌دهند و فراوان‌ترین ماده معدنی زرده فسفر است، مقدار کلسیم آن بیشتر از سفیده است. محتوای مواد معدنی تخم‌مرغ به غلظت آن‌ها در رژیم غذایی مرغ بستگی دارد.

**ویتامین‌های زرده:**

زرده از لحاظ ویتامین‌ها از سفیده غنی‌تر است. منبع عالی ویتامین A و منبع خوب تیامین و ریبوفلاوین است. رنگ زرد زرده ناشی از مگزانتوفیل و لوتئین و زئاگزانتین و فقط کمی بتاکاروتن است. پس تنها از روی شدت رنگ نمی‌توان مقدار ویتامین A آن را حدس زد.

**پروتئین‌های گیاهی:****پروتئین‌های گندم:**

از لحاظ حلالیت پروتئین‌های گندم به چهار دسته اساسی تقسیم می‌شوند.

۱- آلبومین‌ها: محلول در آب هستند و در اثر حرارت لخته می‌شوند ۶۰ درصد پروتئین‌های غیر گلوتهنی را تشکیل می‌دهند.

۲- گلوبولین‌ها: محلول در آب نمک هستند ۴۰ درصد پروتئین‌های غیر گلوتهنی را تشکیل می‌دهند.

این دو دسته حدوداً 15% پروتئین‌های گندم را شامل شده، از لحاظ اسیدهای آمینه ضروری بسیار غنی هستند. اما ارزش نانوایی ندارند. تراکم عمده آن‌ها در بخش‌های سطحی گندم است. به طوری که با حرکت از سطح به عمق دانه گندم، میزان آن‌ها کاملاً کاهش می‌یابد. یعنی با افزایش درجه استخراج آرد میزان این گروه که پروتئین‌های غیر گلوتهنی نامیده می‌شوند افزایش می‌یابد میزان این پروتئین‌ها

1. Phosvitin
2. Livetin
3. Lipovitelin
4. Lipovitellenin



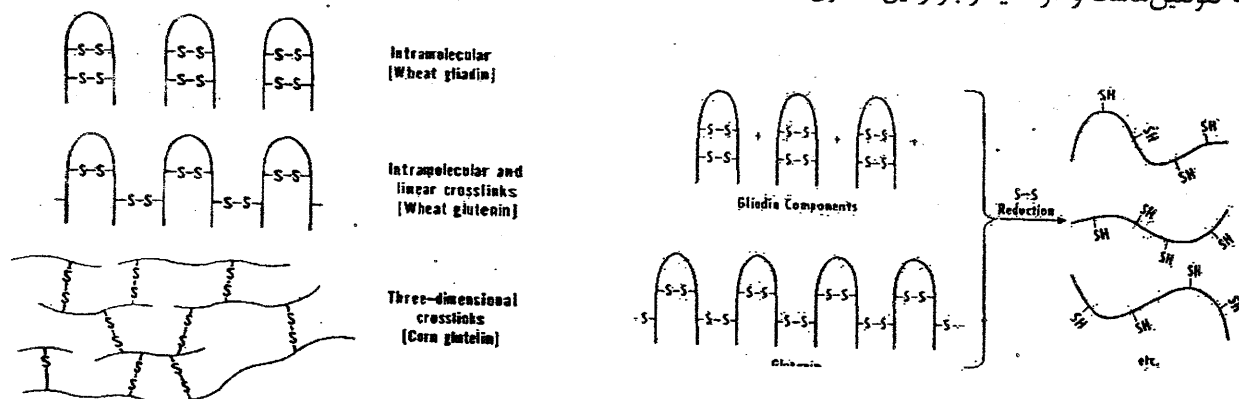
حدود ۱۵ درصد کل پروتئینهای گندم را تشکیل می‌دهند. این دسته از پروتئین‌ها گلوتامیک اسید خیلی کمی دارند ولی از لحاظ لیزین غنی‌تر از پروتئین‌های گلوتمی هستند.

### ۳- گلیادین<sup>۱</sup>:

از دسته پرولامین‌هاست در اتانول ۵۰-۹۰٪ محلول است. بیش‌ترین اسیدآمیننه آن‌ها گلوتامین است، مقداری پرولین نیز دارند. وزن مولکولی پایین، قابلیت اتساع<sup>۲</sup> (حجم‌دهی) بالا داشته اما الاستیسیته<sup>۳</sup> آن‌ها پایین است. ایجاد حجم قرص نان ویژگی گلیادین است. پیوندهای دی‌سولفیدی آن فقط درون مولکولی است گلیادین دارای بار مثبت می‌باشد. فاقد ساختمان چهارم است یعنی جزء پروتئین‌های تک‌زنجیری محسوب می‌شود.

### ۴- گلوتمین<sup>۴</sup>:

از دسته گلوتمین‌هاست و در اسید و باز رقیق محلول است. گلوتمین دارای بار منفی می‌باشد.



شکل ۴-۷: پیوندهای دی‌سولفید درون مولکولی و بین مولکولی در گلیادین و گلوتمین و احیا آن‌ها

وزن مولکولی آن بالا و قابلیت اتساع آن پایین است. اما الاستیسیته بالایی دارد. پیوندهای دی‌سولفیدی آن از نوع درون و بین مولکولی است. گلوتمین از چند زیرواحد تشکیل شده که در دو دسته اساسی، یعنی بخش با وزن مولکولی پایین LMW که شبیه گلیادین‌هاست و انواع با وزن مولکولی بالا HMW تقسیم می‌شود. در کیفیت پخت نان نقش گلوتمین مهم‌تر از گلیادین است و به همین دلیل با افزایش نسبت گلوتمین به گلیادین کیفیت نانواپی افزایش می‌یابد.

پروتئین‌های گلوتمی به طور مساوی از گلوتمین و گلیادین تشکیل می‌شوند و حدود ۸۵ درصد کل پروتئین‌های آرد را تشکیل می‌دهد. وقتی که آرد با آب مخلوط می‌شود گلوتمین و گلیادین با هم ترکیب شده و یک شبکه سه‌بعدی الاستیک به نام گلوتمن تشکیل می‌دهد. این ماتریکس سایر اجزا مثل نشاسته و حباب گاز را در خود نگه می‌دارد.

گلوتمن از لحاظ اسیدهای آمینه ضروری به ویژه لیزین به شدت ضعیف است. گلوتمن در آب نامحلول می‌باشد علت آن وجود مقادیر زیادی

اسیدهای آمینه غیر یونیزه یعنی گلوتامین و آسپارژین است. (حدود  $\frac{1}{3}$  کل اسیدهای آمینه گلوتمن از نوع گلوتامین است)

1. Gliadin
2. Extensible
3. Elasticity
4. Glutenin

گلوکلین نسبت به پرولامین لیزین بیش‌تری دارد. اما افزایش پروتئین غلات میزان پرولامین آن‌ها را زیاد می‌کند. بنابراین ارزش غذایی آن‌ها کاهش می‌یابد. در بین غلات، تنها برنج و جو دو سر مقدار کمی پرولامین دارند. برنج به علت گلوکلین بالا (لیزین بالا) و پرولامین پایین یک غله بی‌نظیر است. زیرا لیزین بالایی دارد اما هنوز هم اولین اسید آمینه محدودکننده آن لیزین است.

**نکته:** جهت افزایش قوام خمیر باید میزان باندهای دی‌سولفیدی آن را افزایش دهیم، جهت این منظور از ترکیبات اکسنده مثل سیستین، دهیدرو اسکوربیک اسید، برومات یا یدات پتاسیم استفاده می‌شود. اما اضافه کردن گروه‌های احیاکننده مثل سیستین، ویتامین C، یا  $SO_2$  سبب کاهش باندهای دی‌سولفیدی می‌گردد و به این ترتیب باعث کاهش قوام خمیر می‌شود.

• لیپیدهای غیرقطبی مثل تری‌گلیسیریدها، استر استرول‌ها، استرول‌های آزاد، مونو و دی‌گلیسیریدها حجم نان را کاهش می‌دهند و به بافت نان آسیب می‌رسانند در حالی که مشخص شده لیپیدهای قطبی مثل فسفولیپیدها با اضافه شدن به خمیر سبب بهبود خواص خمیر می‌شوند.

### پروتئین‌های برنج:

بخش عمده پروتئین برنج در آندوسپرم آن است و ۸۰ درصد آن از نوع گلوکلین می‌باشد از این لحاظ یعنی داشتن گلوکلین بالا و پرولامین کم برنج یک استثناء بین غلات است. اسید آمینه لیزین برنج بالاتر از گندم است. اما کماکان مثل هر غله دیگری اسید آمینه محدود کننده آن به حساب می‌آید.

### پروتئین ذرت:

حدود ۵۰٪ پروتئین‌های ذرت معمولی را زئین (نوعی پرولامین) تشکیل می‌دهد. پروتئین ذرت فاقد دو اسید آمینه اساسی یعنی لیزین و تریپتوفان می‌باشد. آرد ذرت در فرآیندهای آسیاب مرطوب تولید می‌شود. پروتئین‌های این آرد از لحاظ لیزین و تریپتوفان فقیر ولی از لحاظ اسیدهای آمینه گوگرددار یعنی متیونین و سیستین غنی هستند.

### پروتئین‌های حبوبات:

در بین حبوبات لوبیای سویا، نخودفرنگی، لوبیا، عدس و بادام‌زمینی به‌عنوان غذا ارزش اقتصادی دارند. این دسته سه گروه آلومین، گلوکلین و گلوبولین دارند، که بخش غالب آن‌ها گلوبولین است که خود توسط اولتراسانتریفوژ به دو جزوی سیلین و لگومین تقسیم می‌شود. در سویا گلایسینین و در بادام‌زمینی آراشین، جزء لگومین هستند.

پروتئین سویا از لحاظ لیزین غنی و از لحاظ متیونین و تریپتوفان ضعیف است. پس مکمل خوبی برای پروتئین غلات محسوب می‌شود. پروتئین سویا بدون گلیادین و گلوکلین است، پس نمی‌توان با آن نان تهیه کرد. پروتئین‌های سویا را بر اساس رفتار در اولترا سانتریفوژ یعنی سرعت راسب شدن به چهار بخش تقسیم می‌کنند:

۱- بخش 2s: بازدارنده‌های تریسپینی بومن بیرک در این دسته‌اند.

۲- بخش 7s: لیپوکسیژناز<sup>۱</sup> سویا در این گروه است.

۳- بخش 11s: گلایسینین

۴- بخش 15s:

حرارت دادن پروتئین‌های سویا آن را به طرز گسترده‌ای نامحلول می‌سازد که در این رابطه تشکیل پیوندهای هیدروفوبی اهمیت دارد.

## هیدرولیز پروتئین‌ها:

پروتئینها را با سه روش آنزیمی - اسیدی و قلیایی هیدرولیز می‌کنند.

### ۱- هیدرولیز آنزیمی :

بهترین روش می‌باشد زیرا به اسید آمینه‌ها آسیبی نمی‌رساند، در این روش گروه‌های عاملی غیر آمینواسیدی که به پروتئین متصل‌اند از آن جدا نمی‌شوند.

### ۲- هیدرولیز قلیایی:

در این روش پدیده راسمیک شدن صورت می‌گیرد. تریپتوفان سالم می‌ماند اما لیزین و آرژنین نابود می‌شوند.

### ۳- روش هیدرولیز اسیدی:

این روش کم هزینه‌ترین و رایج‌ترین روش هیدرولیز پروتئین‌ها می‌باشد. در این روش پدیده راسمیک شدن رخ نمی‌دهد یعنی محلولی از L- آمینو اسیدهای طبیعی به دست می‌آید. اما تریپتوفان نابود می‌شود. در این فرآیند آسپارژین و گلوتامین به اسیدهای آسپارتیک و گلوتامیک تبدیل می‌شود.

### تغییرات شیمیایی پروتئین‌ها:

به طور کلی در ضمن نگهداری و فرایند مواد غذایی تغییرات شیمیایی متعددی در آنها رخ می‌دهد برخی از این تغییرات مطلوب و برخی دیگر نامطلوب هستند.

### الف) فرایند حرارتی پروتئین‌ها:

#### اثرات مفید:

به‌طور کلی یک فرایند حرارتی ملایم در حضور آب (آب پز کردن در دمای پایین) اثر مطلوبی بر روی کیفیت تغذیه‌ای پروتئین‌ها دارد. زیرا در طی این عمل اسیدهای آمینه گوگرد دار قابل استفاده‌تر می‌شوند. سبب نابودی فاکتورهای ضد تغذیه‌ای موجود در پروتئین‌ها می‌شود. ضمن اینکه یک دناتوراسیون جزئی صورت می‌گیرد که در نتیجه سبب هضم بهتر آن‌ها توسط آنزیم‌های بدن می‌شود. به عنوان مثال افزایش کارایی پروتئین (PER) سویا در اثر فرایند حرارتی مشخص شد اما بخش عمده‌ای از این افزایش ناشی از نابود شدن بازدارنده تریپسینی سویا نیست زیرا پس از استخراج این بازدارنده از آرد سویای خام و سپس حرارت دادن آن، باز شاهد مقدار زیادی افزایش در ضریب کارایی پروتئین هستیم که ناشی از دناتور شدن حرارتی آن می‌باشد.

#### اثرات زیان آور:

یکی از مهمترین تغییراتی که سبب از بین رفتن برخی اسیدهای آمینه به ویژه اسید آمینه ضروری لیزین می‌شود واکنش میلارد است که برای انجام آن وجود قندهای احیا کننده ضروری است. گروه اپسیلون آمینوی آزاد لیزین نقطه ترجیحی آغاز واکنش میلارد است. اتصال بین گروه آمین و قند توسط گوارش آنزیمی در معده قابل هیدرولیز نیستند پس باعث افت ارزش تغذیه‌ای می‌شود.

• در غیاب کربوهیدرات‌ها و در حرارت‌های بالاتر از استریلیزاسیون احتمال واکنش گروه اپسیلون آمینوی آزاد لیزین و گروه آمیدی آسپارژین یا گلوتامین وجود دارد و بین آنها اتصالات آمیدی به وجود می‌آید در این حین علاوه بر نابود شدن بخش اعظمی از لیزین،

اتصالات عرضی بین زنجیره‌های پروتئینی تشکیل می‌شود و به این ترتیب دسترسی آنزیم‌ها به پیوندها مشکل می‌شود پس قابلیت هضم و کارایی و ارزش بیولوژیک آنها کاهش می‌یابد.

• فرآیندهای حرارتی خشک و بدون آب سبب می‌شود که از یک سو پدیده راسمیک شدن (تبدیل اسیدهای آمینه L به اشکال D) رخ دهد و از سوی دیگر بعضی اسیدهای آمینه دهیدراته شوند مثل سرین یا ترئونین، برخی اسیدآمینه‌های مثل آسپارتیک و گلوتامیک اسید حلقوی شوند و برخی از اسیدهای آمینه گوگرددار، سولفورزدایی شده و به این ترتیب مستعد اکسیداسیون شوند.

متیونین می‌تواند با رادیکال‌های آزاد حاصل از اکسیداسیون لیپیدها واکنش داده و اکسید شود. در این حالت متیونین ایجاد سولفوکسید متیونین می‌کند. سیستمین با ترکیب شدن با رادیکال‌های آزاد تشکیل سیستمین رادیکالی می‌دهد.

### ب) تیمار قلیایی:

فرآیندهای قلیایی پروتئین‌ها در صنایع غذایی بسیار رایج شده‌اند. در طی این حالت ممکن است اسیدآمینه‌ها، هیدرولیز یا راسمیک شوند. همچنین ممکن است، لیزین و آلانین با هم ترکیب شده لیزینوآلانین را تشکیل دهند. سمیت این فرآورده در موش ثابت شده اما برای انسان هنوز ثابت نشده است در فرآیندی مثل استریلیزاسیون شیر در بطری هم ممکن است لیزینو آلانین تشکیل شود.

• در شرایط قلیایی اورنیتین می‌تواند با دهیدروآلانین ترکیب شده و اورنیتوآلانین تشکیل دهد.

در حضور عوامل اکسنده برخی اسیدهای آمینه، اکسید می‌شوند در این حالت متیونین تبدیل به سولفوکسید و سولفون می‌شود. سیستمین تبدیل به اسید سیستمیک یا سولفورونیک می‌شود. کاهش pH سرعت اکسیداسیون سیستمین را کم و سرعت اکسیداسیون متیونین را بالا می‌برد.

### ج) اثرات نور بر پروتئین‌ها:

اکسیداسیون نوری پروتئین‌ها منجر به ایجاد طعم و بوی بد و نابودی اسیدهای آمینه ضروری شیر می‌شود.

نور خورشید با حمله به متیونین آنرا تبدیل به متیونال یعنی بتا متیل مرکاپتانوپروپیون آلدئید می‌کند. این ترکیب عامل طعم نامطلوب شیر نور دیده است. منبع طعم‌های بد در این حالت قسمت لیپوپروتئینی کم دانسیته می‌باشد.

## تست‌های فصل چهارم

- ۱ - کدام یک به حرارت استریلیزاسیون مقاوم‌تر است؟
 

(۱) کازئین	(۲) لاکتالبومین	(۳) لاکتوگلوبولین	(۴) میوگلوبین
------------	-----------------	-------------------	---------------
- ۲ - الاستین چیست؟
 

(۱) تغلیظ کننده گیاهی	(۲) پروتئین	(۳) قند	(۴) نوعی پوشش ماده غذایی
-----------------------	-------------	---------	--------------------------
- ۳ - اسیدهای آمینه ضروری کدام یک بیش‌تر است؟
 

(۱) تخم مرغ	(۲) سویا	(۳) شیر	(۴) گوشت
-------------	----------	---------	----------
- ۴ - برای تعیین کمی پروتئین‌ها در مواد غذایی، از کدام عنصر استفاده می‌کنند؟
 

(۱) ازت	(۲) اکسیژن	(۳) کربن	(۴) هیدروژن
---------	------------	----------	-------------
- ۵ - واکنش پذیرترین ترکیبات عمده غذاها کدامند؟
 

(۱) پروتئین‌ها	(۲) چربی‌ها	(۳) کربوهیدرات‌ها	(۴) مواد افزودنی
----------------	-------------	-------------------	------------------
- ۶ - پروتئین مهم در زرده تخم مرغ کدام است؟
 

(۱) آویدین	(۲) کنالبولین	(۳) آلبومین	(۴) فسویتین
------------	---------------	-------------	-------------
- ۷ - تجزیه کدام پروتئین در اثر آنزیم رنین درلخته کردن شیر دخالت دارد؟
 

(۱) کازئین $\alpha_1$	(۲) کازئین $\alpha_2$	(۳) کازئین $\beta$ -k	(۴) کازئین $\beta$
-----------------------	-----------------------	-----------------------	--------------------
- ۸ - باروش الکتروفورز شناسایی کدام گروه از مواد غذایی امکان پذیر است؟
 

(۱) پروتئین‌ها	(۲) اسیدهای آلی	(۳) چربی‌ها	(۴) قندها
----------------	-----------------	-------------	-----------
- ۹ - پروتئین‌های بافت غضروفی توسط کدام اسید آمینه قابل تشخیص است؟
 

(۱) پرولین	(۲) لیزین	(۳) هیستیدین	(۴) هیدروکسی پزولین
------------	-----------	--------------	---------------------
- ۱۰ - کدام پروتئین‌ها جزء دسته قلیایی و سبک دسته بندی می‌شوند؟
 

(۱) آلبومین‌ها	(۲) پروتامین	(۳) پرولامین‌ها	(۴) گلوکلین‌ها
----------------	--------------	-----------------	----------------
- ۱۱ - مهم‌ترین نوع اتصال در ساختمان صفحه‌ای چین‌دار بتا بین رشته‌های جانبی اسیدهای آمینه کدام است؟
 

(۱) هیدروفوبیک	(۲) هیدروژنی	(۳) باندهای الکترواستاتیک	(۴) باندهای دی سولفید
----------------	--------------	---------------------------	-----------------------
- ۱۲ - ترکیب صحیح پروتئین‌های گوشت کدام است؟
 

(۱) لگوملین - اکتین - میوزین - الاستین - میوزن	(۲) کلاژن - اکتین - الاستین - گلوکلین - میوزین	(۳) میوزین - اکتین - کلاژن - الاستین - میوزن	(۴) میوزین - فسویتین - اکتین - الاستین - گلوکلین - میوزین
--	--	--	---
- ۱۳ - کدام پروتئین یک کرومو پروتئین است؟
 

(۱) میوگلوبین	(۲) لگوملین	(۳) میوزین	(۴) اوریزنین
---------------	-------------	------------	--------------
- ۱۴ - کدام گروه از مواد زیر بخش عمده پروتئین‌های گندم و ذرت را تشکیل می‌دهد؟
 

(۱) آلبومین‌ها و گلوبولین‌ها	(۲) آلبومین‌ها و گلوکلین‌ها	(۳) گلوبولین‌ها و پرولامین‌ها	(۴) گلوکلین‌ها و پرولامین‌ها
------------------------------	-----------------------------	-------------------------------	------------------------------

۱۵ - کدام عبارت در مورد پروتئین صادق است؟ در اثر دناتوراسیون ...

- (۱) ویسکوزیته و قابلیت جذب آب هر دو افزایش می‌یابد.
- (۲) قابلیت جذب آب کاهش و ویسکوزیته افزایش می‌یابد.
- (۳) قابلیت جذب آب افزایش و تعداد پیوندهای هیدروفوبیک کاهش می‌یابد.
- (۴) قابلیت جذب آب کاهش و فعالیت بیولوژیک افزایش می‌یابد.

۱۶ - کدام اسید آمینه در فرآیند حرارتی بیش از همه، مورد تخریب واقع می‌شود؟

- (۱) سیستئین
- (۲) گلیسین
- (۳) لیزین
- (۴) متیونین

۱۷ - بوی پختگی شیر ناشی از کدام پروتئین است؟

- (۱) آلفالاکتوآلبومین
- (۲) سرم آلبومین
- (۳) بتالاکتوگلوبولین
- (۴) کازئین

۱۸ - فقدان کدام پروتئین در آرد برنج باعث می‌شود که خاصیت نانوائی نداشته باشد؟

- (۱) آلبومین
- (۲) گلوٹلین
- (۳) گلوبولین
- (۴) گلیادین

۱۹ - کدام پروتئین سفیده تخم مرغ باعث هضم پپتیدوگلیکان می‌شود؟

- (۱) آویدین
- (۲) اوومو کوئید
- (۳) کونالبومین
- (۴) لیزوزیم

۲۰ - کدام گزینه صرفاً مربوط به زرده تخم مرغ است؟

- (۱) اووموسین، آویدین، لیزوزیم
- (۲) لیپوویتلین، اوومو کوئید
- (۳) اووموسین، آویدین، لیزوزیم
- (۴) لیوتین، فسویتین، لیپوویتلین

۲۱ - عامل پیشرفت سفتی گوشت با افزایش سن چیست؟

- (۱) افزایش میزان کلاژن
- (۲) افزایش اتصالات جانبی کلاژن و نامحلول شدن آن
- (۳) افزایش اتصال رشته‌های اکتین و میوزین
- (۴) کاهش فعالیت کلاژناز و عدم تبدیل کلاژن

۲۲ - مهم‌ترین نیروی حفظ کننده شکل مولکول پروتئین، کدام است؟

- (۱) پیوند هیدروژنی
- (۲) کووالانسی
- (۳) دی سولفید
- (۴) آبگریز

۲۳ - کدام پروتئین در آب خالص محلول است؟

- (۱) آلبومینها
- (۲) گلوٹلینها
- (۳) پرولامینها
- (۴) اسکرو پروتئینها

۲۴ - کدام پروتئین باعث لزجی در سفیده تخم مرغ می‌شود؟

- (۱) آویدین
- (۲) کونالبومین
- (۳) اووالبومین
- (۴) اووموسین

۲۵ - کدام پیوند در خاصیت الاستیکی گلوتن موثرتر است؟

- (۱) پیوندهای هیدروژنی
- (۲) هیدروفوبیک
- (۳) دی سولفید درون مولکولی
- (۴) دی سولفید بین مولکولی

۲۶ - بازدارنده‌ی بومن بیرک و کونیتز لوبیای سویا روی کدام آنزیم‌ها عمل می‌کنند؟

- (۱) استرازها
- (۲) آمیلازها
- (۳) لیپازها
- (۴) پروتئینازها

۲۷ - عامل طعم نامطبوع شیر مجاورت یافته با نور چیست؟

- (۱) لیزینوآلانین
- (۲) میتیونال
- (۳) میتیونین
- (۴) میتیونین سولفواکسید

۲۸ - پروتئین کلاژن دارای چه نوع ساختار دومی است ؟

- (۱) ماریچ آلفا (۲) ماریچ سه گانه (۳) ورقه بنای موازی (۴) ورقه بنای ناموازی

۲۹ - با روش الکتروفورز کدام ترکیبات غذایی زیر قابل تفکیک می‌باشند؟

- (۱) پروتئین‌ها (۲) چربی‌ها (۳) نشاسته و قند (۴) ویتامین‌های محلول در آب چربی

۳۰ - معروف‌ترین ماده‌ای که از اثر قلبیها بر پروتئین‌ها تشکیل می‌شود و در برابر پروتئولیز مقاوم است، چیست؟

- (۱) اورنیتو آلانین (۲) سیستینیل آلانین (۳) دهیدرو آلانین (۴) لیزینو آلانین

۳۱ - در تشکیل ژل پروتئینی کدام پیوند عامل اتصال بین مولکول‌هاست؟

- (۱) آبگریز (۲) پپتیدی (۳) دی سولفید (۴) هیدروژنی

۳۲ - پروتئین‌های کدام گزینه همگی در زرده تخم مرغ موجودند؟

- (۱) آویدین ، لیزوزیم، اووموسین (۲) اووموکوئید، لیپوویتلین، لیپوپروتئین (۳) فسویتین، لیوتین، لیپوویتلین (۴) فلاووپروتئین ، کونالبومین، لگوملین

۳۳ - چرا کازئین و ژلاتین در مقابل جوشاندن پایدار می‌باشند؟

- (۱) سیستین و سیستین آن‌ها محدود و پرولین وهیدروکسی پرولین آن‌ها زیاد است.  
(۲) پیوندهای دی سولفید واسید آمینه پرولین وهیدروکسی پرولین زیاد دارند.  
(۳) پیوندهای دی سولفید واسیده‌های آمینه پرولین وهیدروکسی پرولین کم دارند.  
(۴) گروه های هیدروفیل اسیده‌های آمینه آن‌ها در درون مولکول قرار دارند.

۳۴ - واکنش راسمیک شدن اسیده‌های آمینه در کدام حالت اتفاق می‌افتد؟

- (۱) PH اسیدی (۲) PH خنثی (۳) PH قلیایی (۴) PH قلیایی واسیدی

۳۵ - اثر تغییر ماهیت ( دناتوراسیون) بر حل پذیری پروتئین‌ها چیست؟

- (۱) افزایش (۲) کاهش (۳) بدون اثر (۴) بستگی به نوع پروتئین دارد

۳۶ - کدام یک از روش‌های رسوب دادن کازئین موجب جدا شدن کامل کلسیم و فسفر از آن می‌گردد؟

- (۱) روش افزودن اسید (۲) روش افزودن نمک (۳) روش افزودن رنت (۴) روش افزودن الکل

۳۷ - بر اثر دناتوراسیون پروتئین‌ها.....

- (۱) حلالیت آن‌ها افزایش می‌یابد (۲) فعالیت آنزیمی آنها افزایش می‌یابد.  
(۳) قابلیت کریستالیزاسیون آنها کاهش می‌یابد (۴) ویسکوزیته ذاتی آنها کاهش می‌یابد.

۳۸ - کدام یک از پروتئین‌های محلول شیر دارای گروه‌های سولفیدریل آزاد است و موجب بوی پختگی می‌شود؟

- (۱) ایمونوگلوبولین (۲) بتالاکتوگلوبولین (۳) سرم آلبومین (۴) آلفا لاکتو آلبومین

۳۹ - با استفاده از مواد اکسید کننده کدام یک از موارد زیر در پروتئین‌ها تحت تاثیر قرار می‌گیرد؟

- (۱) پیوندهای دی سولفید (۲) گروه‌های سولفیدریل (۳) پیوندهای هیدروفوبیک (۴) پیوندهای هیدروژنی

۴۰ - دسموزین جزء ساختمانی کدام پروتئین است؟

- (۱) الاستین (۲) بتالاکتوآلبومین (۳) تروپونین (۴) میوزین

۴۱ - قابلیت هیدراتاسیون، کدام پروتئین در اثر دناتوراسیون افزایش می‌یابد؟

- (۱) اووآلبومین (۲) کازئین (۳) کلاژن (۴) گلوتن

۴۲ - در خواص عاملی گلوتن، کدام پیوند نقش مهم‌تری دارد؟

- (۱) دی سولفید (۲) هیدروژنی (۳) هیدرو فوبیک (۴) یونی

۴۳ - قابلیت حل شدن اسیدهای آمینه در آب چگونه است؟

(۱) با افزایش اسید و باز افزایش می‌یابد.

(۲) با افزایش اسید و باز کاهش می‌یابد.

(۳) همه‌ی اسیدهای آمینه در آب محلول‌اند و جهت افزایش قابلیت حل شدن، نیاز به ماده‌ای ندارند

(۴) حضور اسیدهای آمینه دیگر موجب کاهش قابلیت حل شدن یک اسید آمینه می‌شود.

۴۴ - قابلیت حل شدن کدام پروتئین در اثر دناتوراسیون افزایش می‌یابد؟

- (۱) اوو آلبومین (۲) کلاژن (۳) میوگلوبین (۴) میوزین

۴۵ - تاثیر پراکسیدهای لیپیدی روی پروتئین‌ها می‌تواند، باعث.....

(۱) ایجاد اتصالات عرضی (۲) افزایش قابلیت حل شدن آن‌ها گردد.

(۳) کاهش ویسکوزیته (۴) هیدرولیز پروتئین‌ها

۴۶ - کدام یک از پروتئین‌های سفیده تخم مرغ مانع جذب بیوتین می‌شود؟

- (۱) اوو آلبومین (۲) لیزوزیم‌ها (۳) کنالومین (۴) آویدین

۴۷ - در اثر دناتوراسیون پروتئین خواص آن چگونه تغییر می‌نماید؟ (۸۳)

(۱) حل پذیری و گرانروی کاهش می‌یابد.

(۲) حل پذیری و گرانروی افزایش می‌یابد.

(۳) حل پذیری کم و گرانروی زیاد می‌شود.

(۴) حل پذیری و قابلیت هضم کاهش می‌یابد.

۴۸ - کدام یک از مواد زیر جزو مواد پروتئینی محسوب می‌شود؟

- (۱) اسید آمینه های آزاد (۲) پپتیدها (۳) پافت پیوندی (۴) نوکلئوتیدها

۴۹ - کازئین‌ها چه نوع ترکیباتی هستند؟

(۱) فسفو پروتئین‌های هتروژن (۲) گلیکو پروتئین‌های هموزن

(۳) گلیکو لیپیدهای فسفردار (۴) لیپوپروتئین‌های کلسیم دار

۵۰ - پیوند دی سولفید در خواص کاربردی، کدام پروتئین حائز اهمیت است؟

- (۱) ژلاتین (۲) اووآلبومین (۳) کازئین (۴) گلوتن

۵۱ - لاکتوفرین بر غلظت کدام ماده موثر است؟

- (۱) آهن آزاد (۲) آهن توتال (۳) لاکتوز (۴) مس

۵۲ - هنگامی که زرده تخم مرغ منجمد شده در ۶- درجه سانتیگراد نگهداری می‌شود پس از انجماد زدایی چه تغییری در آن مشهود

است؟

(۱) افزایش گرانروی (ویسکوزیته) (۲) کاهش گرانروی

(۳) سیالیت بر گشت پذیر (۴) بوی نامطبوع



## پاسخنامه تست‌های فصل چهارم

- ۱ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۲ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۳ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۴ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۵ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۶ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۷ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۸ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۹ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۰ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۱۱ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۱۲ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۱۳ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۱۴ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۵ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۱۶ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۱۷ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۱۸ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۹ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۲۰ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۲۱ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۲۲ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۲۳ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۲۴ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۲۵ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۲۶ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۲۷ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۲۸ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۲۹ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۳۰ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۳۱ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۳۲ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۳۳ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۳۴ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۳۵ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۳۶ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۳۷ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۳۸ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۳۹ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۴۰ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۴۱ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۴۲ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۴۳ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۴۴ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۴۵ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۴۶ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۴۷ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۴۸ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۴۹ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۵۰ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۵۱ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۵۲ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.

# پنجم

## ویتامین‌ها

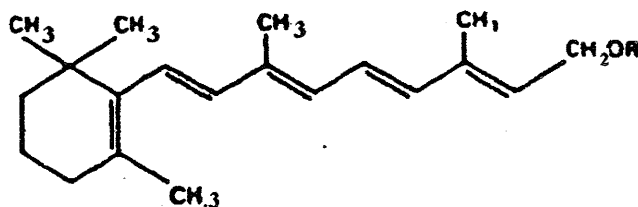
از نظر حلالیت ویتامین‌ها به دو گروه محلول در چربی (E, K, D, A) و محلول در آب (خانواده B و C) تقسیم می‌شوند. مصرف مقادیر اضافی ویتامین‌های محلول در چربی به علت امکان باقی ماندن آن‌ها در بدن برای انسان مشکل ساز است. اما احتمال خطر مصرف اضافی در ویتامین D بیش‌تر از سایر ویتامین‌ها وجود دارد. اما مصرف اضافی خانواده ویتامین‌های محلول در آب به علت این‌که توسط ادرار دفع می‌شوند، مشکلی ندارد.

جدول پایداری ویتامین‌ها تحت شرایط مختلف

ماده مغذی	خنثی (PH = 7)	اسیدی (PH < 7)	قلیایی (PH > 7)	هوا اکسیژن	نور	گرما	ماکزیمم افت حاصل از پخت
ویتامین A	پ	ن	پ	ن	ن	ن	۴۰
اسید اسکوربیک C	ن	پ	ن	ن	ن	ن	۱۰۰
بیوتین	پ	پ	پ	پ	پ	ن	۶۰
کاروتن	پ	ن	پ	ن	ن	ن	۳۰
کولین	پ	پ	پ	ن	پ	پ	۵
کوبالامین (B <sub>12</sub> )	پ	پ	پ	ن	ن	پ	۱۰
ویتامین D	پ	پ	ن	ن	ن	ن	۴۰
اسید فولیک	ن	ن	پ	ن	ن	ن	۱۰۰
اینوزیتول	پ	پ	پ	پ	پ	ن	۹۵
ویتامین k	پ	ن	ن	پ	ن	پ	۵
نیاسین (PP)	پ	پ	پ	ن	پ	پ	۷۵
اسید پانتوتیک	پ	ن	پ	پ	پ	ن	۵۰
P- اسید آمینو بنزونیك	پ	پ	پ	ن	پ	پ	۵
پیریدوکسین (B <sub>6</sub> )	پ	پ	پ	پ	ن	ن	۴۰
ریبوفلاوین (B <sub>2</sub> )	پ	پ	ن	پ	ن	ن	۷۵
تیامین (B <sub>1</sub> )	ن	پ	ن	ن	پ	ن	۸۰
توکوفرول (E)	پ	پ	پ	ن	ن	ن	۵۵

## ویتامین A:

این ویتامین به صورت یک دی‌ترین است. یعنی از چهار واحد ایزوپرن تشکیل شده است. در طبیعت به شکل الکل یا استری شده می‌باشد. میزان لازم برای مصرف آن از همه ویتامین‌های محلول در چربی بیش‌تر است. ویتامین A تنها در منابع حیوانی وجود دارد. کمبود آن سبب نارسائی‌های بینایی می‌گردد. بیش‌ترین فعالیت بیولوژیکی خود را هنگامی که پیوندهای دوگانه آن به صورت ترانس باشد دارد. ایزومر 13 - سیس آن **نئو ویتامین A** نامیده می‌شود. 75% ویتامین A تمام ترانس، حالت ویتامین دارد. اضافه کردن اسید، نور و حرارت سبب ایزومری شدن آن می‌گردد.

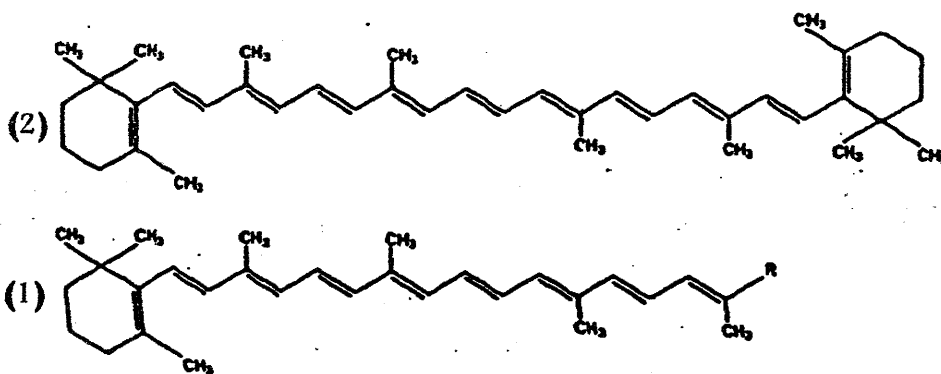


استات  $R=CO-CH_3$

پالمیتات  $R=CO(CH_2)_{14}-CH_3$

شکل ۱-۵: فرمول ساختمانی ویتامین A

پیش‌سازهای ویتامین A همگی مربوط به کاروتنوئیدها می‌باشند که مهم‌ترین آن‌ها بتاکاروتن است. آلفا، گاما و بتا کاروتن و کریپتوگرانترین پرو ویتامین A هستند. رنگدانه‌های مشتق شده از بتا کاروتن، یعنی بتا آپو 8- کاروتنال نیز پیش‌ساز ویتامین A هستند.



شکل ۲-۵: فرمول ساختمانی تعدادی از پرو ویتامین A ۱- بتا کاروتن ۲- آپوکاروتنال ( $R=CHO$ ) و استراسید آپوکاروتنوئیک

( $R=COOC_2H_5$ )

در صورت وجود اکسیژن در محیط میزان از دست رفتن ویتامین A بسیار زیاد می‌شود مواد غذایی آب‌گیری شده و خشک بیش‌تر از سایر مواد در معرض از دست دادن ویتامین A می‌باشند که علت آن اکسیداسیون است. عمل پاستوریزاسیون باعث نابودی ویتامین A نمی‌شود اما وجود نور سبب اثرات سوئی روی آن می‌گردد.

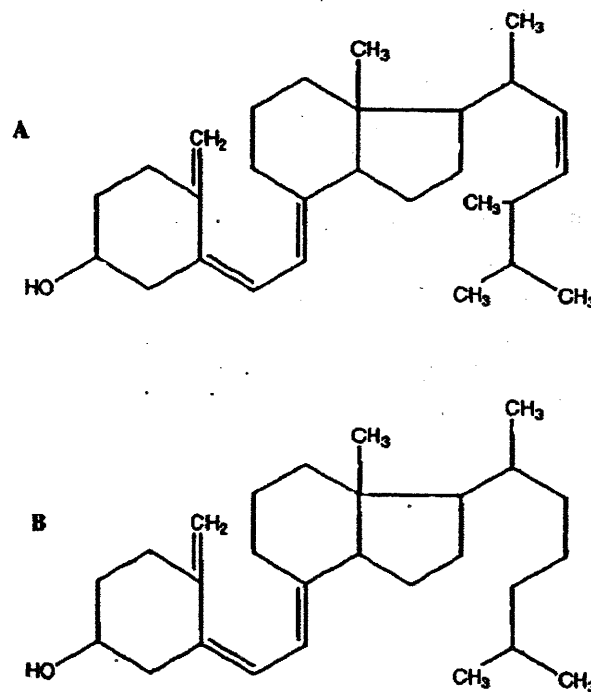
میزان ویتامین A در شیر تابستانه بسیار بیش‌تر از شیر زمستانه می‌باشد. زیرا در تابستان دام بتا کاروتن بیش‌تری مصرف می‌کند. به

همین دلیل کره تابستانه رنگ زرد بیش‌تری دارد.

ویتامین A برای غنی‌سازی مارگارین هم کاربرد دارد.

### ویتامین D:

این ویتامین به شکل  $D_2$  یا ارگوکالسیفرول<sup>۱</sup> یا  $D_3$  یا کل کالسیفرول<sup>۲</sup> می‌باشد. این ویتامین تنها در فرآورده‌های حیوانی وجود دارد، پیش‌سازهای ویتامین‌های  $D_2$  و  $D_3$  به ترتیب ارگوسترول و ۷-دهیدروکلسترول می‌باشند. که این مواد توسط اشعه ماورای بنفش تبدیل به این ویتامین‌ها می‌گردند. بهترین طول موج برای تبدیل آن ۲۸۰ نانومتر می‌باشد که این طول موج نمی‌تواند از شیشه عبور کند و از این نظر تابش آفتاب از پشت شیشه بی‌ثمر است.



شکل ۳-۵: فرمول‌های ساختمانی ویتامین  $D_2$  و  $D_3$

- بیماری راشیتیزم<sup>۳</sup> ناشی از کمبود این ویتامین می‌باشد. کمبود این ویتامین نسبت به سایر ویتامین‌ها از همه رایج‌تر است. ویتامین D بسیار پایدار است و در فرآورده‌ها هیچ کاهشی در آن صورت نمی‌گیرد.
- ویتامین D موجود در شیر تحت تأثیر پاستوریزاسیون، جوشاندن یا استریلیزاسیون قرار نمی‌گیرد. انجماد یا خشک کردن شیر هم بر روی ویتامین D اثر کمی دارد. مقدار ویتامین D شیر را از طریق مختلفی به شرح زیر می‌توان افزایش داد.
- ۱- تغذیه گاو با مواد دارای ویتامین D بالا مثل مخمرهای اشعه دیده
  - ۲- تابش‌دهی شیر
  - ۳- افزودن کنسانتره‌های ویتامین D: این روش تنها روش رایج است.

### ویتامین E:

در مواد غذایی حیوانی یا گیاهی به اشکال آلفا، بتا، گاما و دلتا توکوفرول وجود دارد. توکوفرول علاوه بر اثرات ویتامینی دارای خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. یک رابطه عکس بین خواص آنتی‌اکسیدانی و ویتامینی این چهار نوع کوفرول وجود دارد.

<sup>۱</sup>Ergocalciferol

<sup>۲</sup>Cholecalciferol

<sup>۳</sup>Rickets

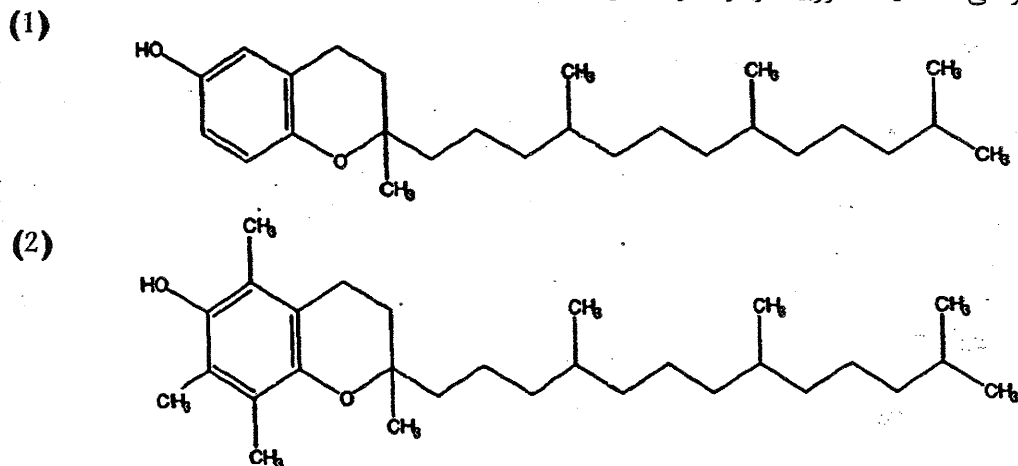
آلفا < بتا < گاما < دلتا: خواص ویتامینی

آلفا > بتا > گاما > دلتا: خواص آنتی‌اکسیدانی

آلفا < بتا < گاما < دلتا: جلوگیری از فتواکسیداسیون

آلفا توکوفرول فراوانترین توکوفرول است، مصرف اسیدهای چرب غیراشباع زیاد میزان توکوفرول را افزایش می‌دهد.

همراه بودن اسید اسکوربیک با توکوفرول بر عملکرد آنتی‌اکسیدانی آن می‌افزاید. یعنی باعث می‌گردد توان آنتی‌اکسیدانی از دست رفته یک سیستم مجدداً تا زمانی که اسید اسکوربیک وجود دارد به آن باز گردد.

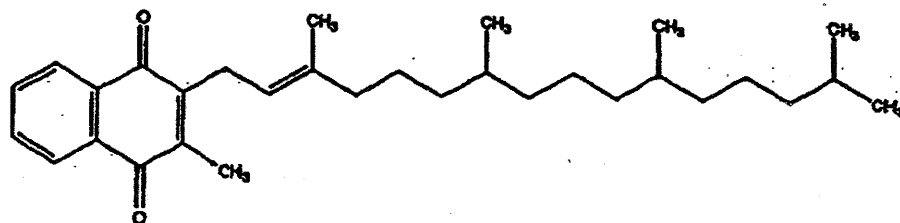


شکل ۴-۵: فرمول ساختمانی (۱) توکول (۲) و آلفا توکوفرول

### ویتامین K:

به دو شکل  $K_1$  و  $K_2$  در طبیعت شکل سنتزی موسوم به منادیون<sup>۱</sup> یا ویتامین  $K_3$  می‌باشد که فعالیت آن دو برابر فعالیت ویتامین‌های طبیعی است.

به میزان وسیعی در طبیعت یافت می‌شود و توسط فلورمیکروبی روده نیز سنتز می‌شود. اسفناج بهترین منبع این ویتامین است. فرآورده‌های حیوانی دارای مقدار کمی ویتامین K می‌باشد. نقش مشخصی در انعقاد خون دارد.



شکل ۵-۵: فرمول ساختمانی ویتامین K

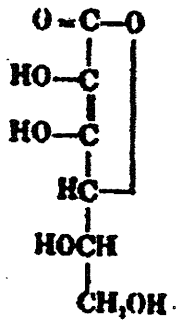
### ویتامین C:

اسید L اسکوربیک یک لاکتون می‌باشد.

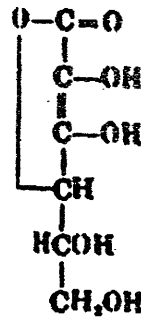
در تمام بافت‌های زنده وجود دارد و بر واکنش‌های اکسیداسیون و احیا اثر می‌گذارد. بدن انسان قادر به سنتز این ویتامین نیست و باید از طریق غذا آن را به دست آورد. تنها منابع حیوانی آن جگر و شیر هستند که به مقدار بسیار کمی از این ویتامین دارند.

<sup>۱</sup> Menadione

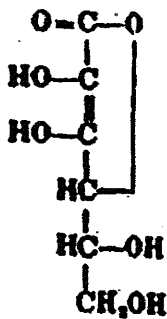
تنها شکل L-اسکوربیک اسید فعالیت بیولوژیکی دارد و شکل D یا D-ایزواسکوربیک اسید (اریتروبیک اسید) فاقد چنین خصوصیتی است. ویتامین C به سادگی و به صورت قابل برگشتی اکسید شده و تبدیل به دهیدرو L-اسکوربیک اسید می گردد. این ترکیب هنوز خواص ویتامین را داراست.



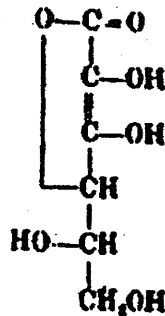
L-ASCORBIC ACID



D-ASCORBIC ACID

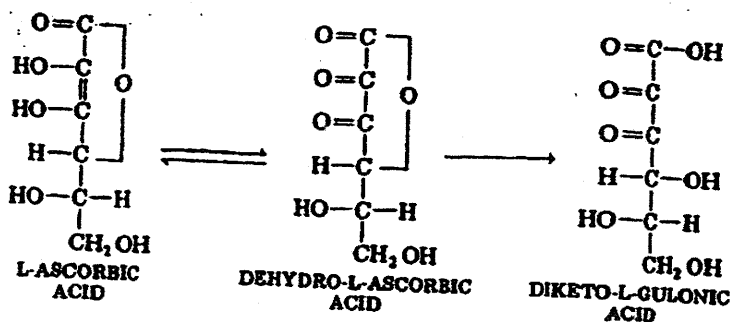


D-ISOASCORBIC ACID  
(ERYTHORBIC ACID)



L-ARABOASCORBIC ACID

شکل ۵-۶: فرمول‌های ساختمانی اسید L-اسکوربیک و ایزومرهای فضایی آن



شکل ۵-۷: اکسیداسیون اسید L-اسکوربیک

ویژگی احیا کنندگی و توانایی کمپلکس سازی ویتامین C باعث می شود که اسید اسکوربیک بتواند یا یون‌های فلزی وارد واکنش شود. مشخص ترین نقش فیزیولوژیکی ویتامین C جلوگیری از اسکوربوت است.

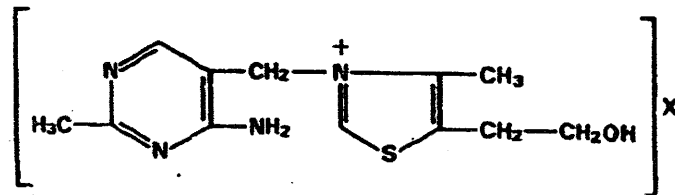
وجود اکسیژن و حرارت مهم‌ترین عوامل نابودکننده این ویتامین است. این ویتامین ناپایدارترین ویتامین است. این ترکیب یک آنتی‌اکسیدان مهم است که از تشکیل ماده سرطان‌زای نیتروزآمین در گوشت‌های عمل آوری شده جلوگیری می‌کند و بهترین ترکیب جهت جلوگیری از واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی است. با استفاده از اسید اسکوربیک می‌توان مقدار مصرف نیتريت‌ها را در فرآورده‌های گوشتی کاهش داد.

استرس و درمان‌های دارویی مقدار مورد نیاز بدن به این ویتامین را افزایش می‌دهند. آنزیم‌هایی که در گروه پروستتیک خود دارای منس یا آهن هستند، سبب تجزیه اسید اسکوربیک می‌شوند این آنزیم‌ها شامل اسید اسکوربیک اکسیداز، فنولاز، سیتوکروم اکسیداز و پراکسیداز می‌باشند. تنها اسید اسکوربیک اکسیداز در یک واکنش مستقیم بین آنزیم و سوپسترا و اکسیژن مولکولی درگیر است و آنزیم‌های دیگر ویتامین C را به طور غیر مستقیم اکسید می‌کنند.

حضور ترکیبات چنگالی کننده فلزات، پایداری ویتامین C را افزایش می‌دهند. اسید اسکوربیک تحت شرایط قلیایی و خنثی اکسید می‌گردد. در شرایط اسیدی ویتامین C پایدارتر است. نور سبب نابودی سریع اسیداسکوربیک در شیر می‌گردد، نابودی اسید اسکوربیک همراه گسترش طعم غیرطبیعی در شیر است. در نابودی اسید اسکوربیک در شیر توسط نور، ریبوفلاوین به عنوان حساس کننده عمل می‌کند. ویتامین C توسط دی‌اکسید گوگرد محافظت می‌شود.

### ویتامین B<sub>1</sub> (تیامین)

این ویتامین در متابولیسم کربوهیدرات‌ها به منزله یک کوآنزیم عمل می‌کند. مقدار تیامین مورد نیاز بدن به مقدار کربوهیدرات مصرفی بستگی دارد. منابع خوب تیامین دانه‌های کامل غلات، جگر، و تخم‌مرغ است. SO<sub>2</sub> و سولفیت‌ها سریعاً باعث نابودی آن می‌شوند. بنابراین استفاده از آن‌ها در مواد غذایی که دارای مقادیر قابل توجهی از این ویتامین هستند، مجاز نیست. کمبود این ویتامین سبب ایجاد بیماری بری بری می‌گردد. در طی آسیاب کردن غلات میزان زیادی از این ویتامین از دست می‌رود.

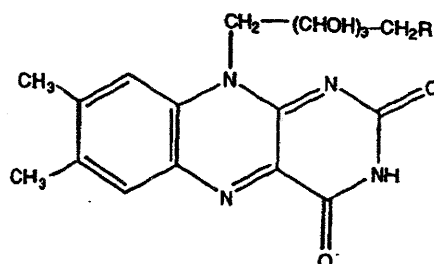


هیدروکلرید: X=Cl<sup>-</sup>, HCl و مونونیترات: X=NO<sub>3</sub>

شکل ۸-۵: فرمول ساختمانی تیامین

### ویتامین B<sub>2</sub> یا ریبوفلاوین

این ویتامین در طبیعت به صورت ترکیب با اسید فسفریک حضور دارد و به عنوان یک کوآنزیم در برخی واکنش‌ها شرکت می‌کند. آنزیم‌هایی که در ارتباط با این ویتامین فعالیت می‌کنند، فلاووپروتئین هستند.

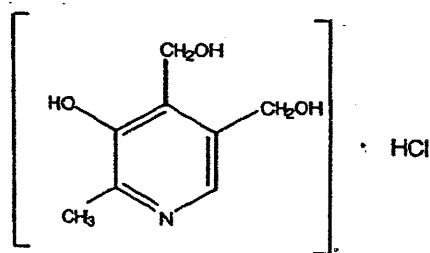


شکل ۹-۵: فرمول ساختمانی ریبوفلاوین: ریبوفلاوین R=OH ریبوفلاوین فسفات R=PO<sub>3</sub> NaOH

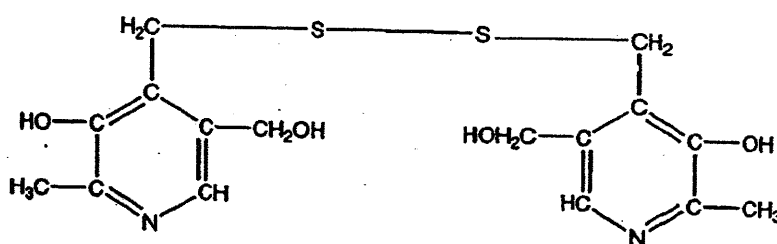
این ویتامین نسبت به نور بسیار حساس می‌باشد. ریپوفلاوین یک سنتتیسایزر یا حساس‌کننده است که با جذب انرژی نور از حالت عادی که یگانه است به حالت تحریک شده که حالت سه‌گانه و ناپایدار است تبدیل می‌گردد. جگر و قلوه منابع سرشاری از این ویتامین هستند. در اثر نور و PH قلیایی ریپوفلاوین تبدیل به لومی فلاوین و ترکیب غیرفعال با فلونورسانس زرد - سبز تبدیل می‌شود. تحت شرایط اسیدی ریپوفلاوین به مشتقات غیرفعال دیگر، یعنی لومی کروم و ریپیتول تبدیل می‌شود. این ترکیب فلونورسانس آبی دارد تغییر شکل به لومی فلاوین در شیر سبب تخریب اسید اسکوربیک می‌شود.

### ویتامین B<sub>6</sub>

در سه شکل پیریدوکسین<sup>۱</sup>، پیریدوکسامین<sup>۲</sup> و پیریدوکسال<sup>۳</sup> وجود دارد. شکل پیریدوکسال آن از بقیه مقاوم‌تر است و جهت افزودن به مواد غذایی از آن استفاده می‌شود. این ویتامین به حد زیادی در منابع حیوانی و گیاهی وجود دارد. غنی‌ترین منابع آن مخمر و گوشت است. ویتامین B<sub>6</sub> نقش مهمی در متابولیسم اسیدهای آمینه دارد. با مصرف رژیم غذایی پر پروتئین نیاز به این ویتامین افزایش می‌یابد.



شکل ۱۰-۵: ساختمان مولکولی پیریدوکسین



شکل ۱۱-۵: فرمول ساختمانی بیس - ۴ - پیریدوکسال دی‌سولفید

### ویتامین B<sub>12</sub>: سیانوکوبالامین<sup>۴</sup>

این ویتامین از لحاظ شیمیایی دارای ساختمان پیچیده‌تری نسبت به سایر ویتامین‌ها می‌باشد. در بخش مرکزی آن کبالت وجود دارد. منابع مهم غذایی این ویتامین اساساً اغذیه حیوانی مثل گوشت جگر و زرده تخم‌مرغ است. کمبود این ویتامین در رژیم غذایی گیاه خواران دیده می‌شود.

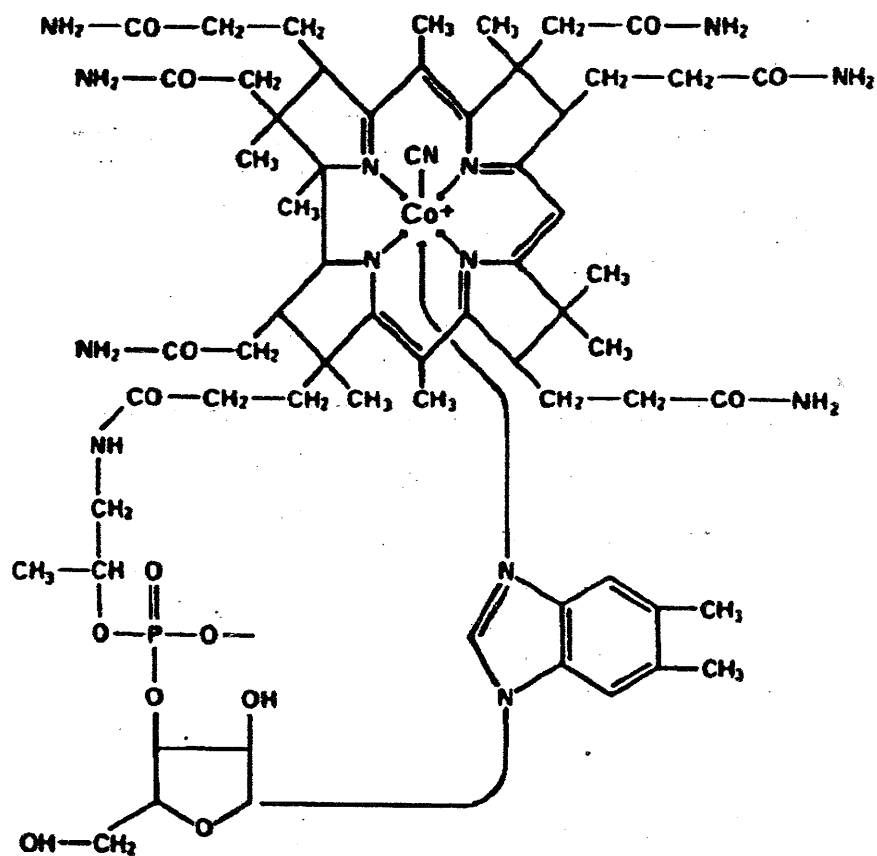
<sup>۱</sup>.Pyridoxine

<sup>۲</sup>.Pyridoxamine

<sup>۳</sup>.Pyridoxal

<sup>۴</sup>.cyanocobalamin





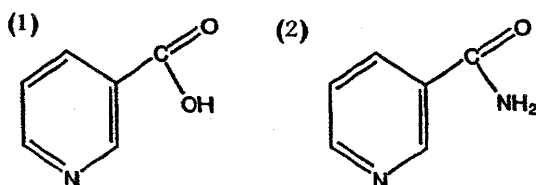
شکل ۱۲-۵: فرمول ساختمانی سیانوکوبالامین.

### اسید پنتوتنیک<sup>۱</sup> (ویتامین B<sub>5</sub>)

بخشی از ساختمان کوآنزیم A می‌باشد، در اکثر مواد غذایی وجود دارد. فقط شکل راست گردان (D) فعالیت ویتامین دارد.

#### نیاسین:

از بروز بیماری پلاگر جلوگیری می‌کند. پیش‌ساز این ویتامین اسید آمینه تریپتوفان می‌باشد. به شکل اسید نیکوتینیک و شکل آمیدی آن، یعنی نیکوتینامید دیده می‌شود. در بادام زمینی، جگر و قلوه و گوشت سینه مرغ موجود می‌باشد. (پایدارترین ویتامین خانواده B است).

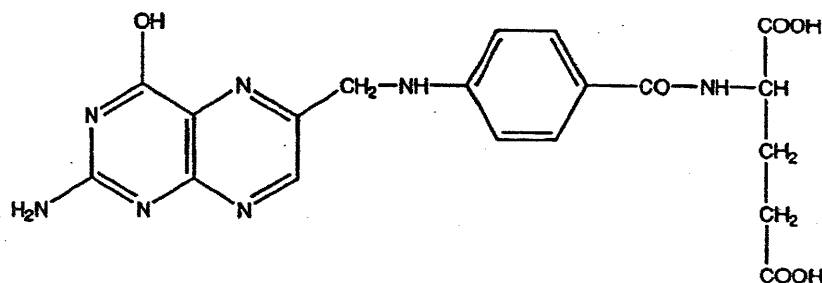


شکل ۱۲-۵: فرمول‌های ساختمانی (۱) اسید نیکوتینیک و (۲) نیکوتین آمید

<sup>۱</sup>Pantoththenic acid

### اسید فولیک<sup>۱</sup>: (فولاسین)

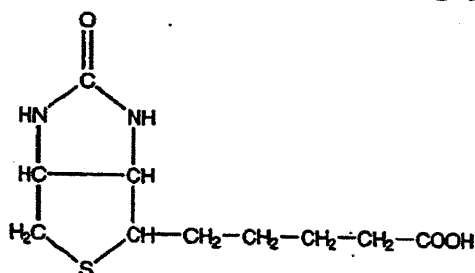
این ویتامین دارای اسیدآمینه (اسیدگلوتامیک) می‌باشد. به عنوان کوآنزیم در انجام برخی واکنش‌ها شرکت می‌کند. در کاهو، اسفناج، جگر و میوه‌ها یافت می‌شود. تحت شرایط قلیایی و غیرهوازی پایدار است. به فرم محلول در برابر نور خورشید ناپایدار است. حضور اسید اسکوربیک میزان فعالیت و پایداری این ویتامین را زیاد می‌کند.



شکل ۱۳-۵: فرمول ساختمانی اسید فولیک

### بیوتین<sup>۲</sup>

فقط D بیوتین راست گردان فعالیت ویتامینی دارد. بخش عمده‌ای از بیوتین بدن توسط میکروارگانیسم‌ها سنتز می‌گردد. هشت ایزومر فضایی دارد که تنها نوع سیس راست گردان آن به‌طور طبیعی دارای فعالیت ویتامینی می‌باشد. به عنوان کوفاکتور در برخی واکنش‌ها شرکت می‌کند. کمبود این ویتامین در انسان بعید است. در مواد غذایی زیادی وجود دارد. ضمن اینکه توسط میکروبه‌های روده نیز سنتز می‌شود.



شکل ۱۴-۵: فرمول ساختمانی بیوتین

<sup>۱</sup>.Folic acid

<sup>۲</sup>.Biotin

# فصل ششم

## طعم مواد غذایی

مزه<sup>1</sup> و بوی<sup>2</sup> غذا عوامل تعیین کننده‌ی طعم یک ماده غذایی هستند. اما بافت<sup>3</sup> ماده غذایی، رنگ آن و نیز احساس دهانی آن نیز بر روی طعم آن دخیل هستند.

### مزه مواد غذایی

مزه‌های گوناگون توسط پرزهای چشایی که بر روی زبان قرار دارند، احساس می‌شوند. مکانیزم اثر ترکیبات ایجاد کننده مزه بر روی مراکز حسی، ناشی از اثر آن روی پروتئین‌های مخصوصی است که در سلول‌های دریافت کننده مزه قرار دارند. جذب عامل ایجاد کننده مزه سبب به وجود آمدن تغییراتی در سطح می‌گردد که در نتیجه یک حالت دیپلاریزاسیون رخ می‌دهد که منشا شروع یک جریان عضبی می‌گردد.

با افزایش مقدار ماده محرک، میزان احساس نیز زیادتر می‌گردد، اما از افزایش میزان احساس نسبت به افزایش مقدار ماده محرک دائماً کم می‌شود، تا به نقطه‌ای می‌رسیم که دیگر اضافه کردن ماده محرک<sup>4</sup> سبب افزایش میزان احساس نمی‌شود.

نکته: اولین شرط یک ماده برای آن که مزه خاصی را ایجاد کند محلول بودن ترکیب سازنده آن در آب است.

تغییرات جزئی در ساختار یک ماده، می‌تواند سبب ایجاد تغییرات زیادی در مورد یک مزه خاص شود. مثلاً ایزومرهای مکانی یا فضایی ترکیبات مختلف طعم‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند.

• مثلاً شکل D هیچ اسید آمینه‌ای تلخ نیست و شیرین یا خنثی می‌باشد.

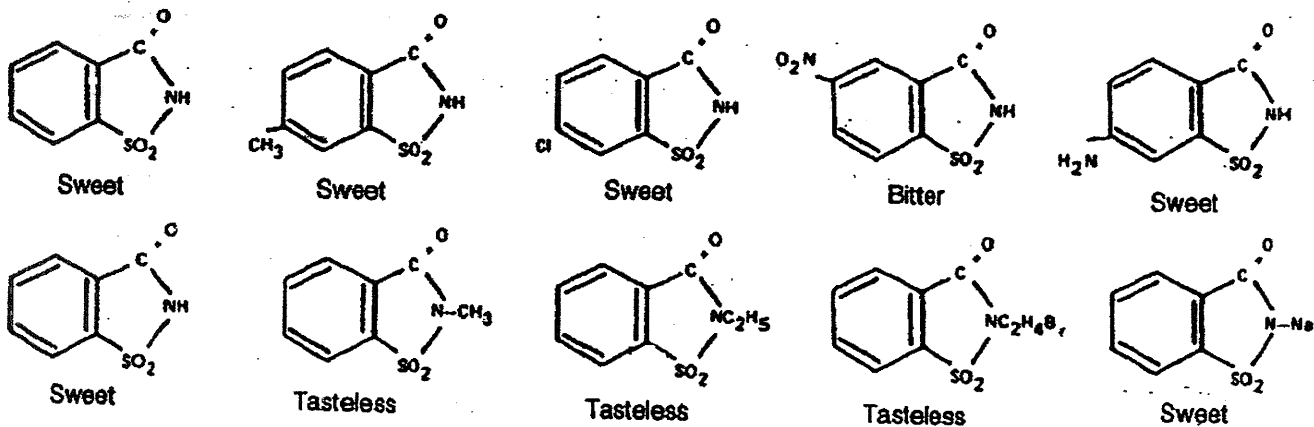
• L - گلوکز برخلاف D گلوکز تا حدودی شور است.

1. Flavor
2. odor
3. Texture
4. Stimulus

تفاوت در مزه بین اشکال L و D اسیدهای آمینه

اسید آمینه	مزه ایزومر L	مزه ایزومر D
آسپاراژین	بی مزه	شیرین
اسید گلوتامیک	بی مانند	اکثراً بی مزه
فنیل آلانین	کمی تلخی	شیرین، پس مزه ی تلخ
لوسین	بی مزه، کمی تلخ	بسیار شیرین
سرین	کمی شیرین، پس مزه ی بیاتی	بسیار شیرین
هیستیدین	بی مزه تا تلخ	شیرین
ایزولوسین	تلخ	شیرین
متیونین	بی مزه	شیرین
تریپتوفان	تلخ	خیلی شیرین

- در مورد مانوز تفاوت مزه در آنومرهای آن وجود دارد. به این ترتیب که  $\alpha$  مانوز شیرین و  $\beta$  مانوز کاملاً تلخ است. گاهی نیز تغییراتی در ساختار شیمیایی ممکن است، مزه ترکیبات را از شیرین به تلخ یا بی مزه تغییر دهد. در این مورد ساخارین که 500 بار شیرین تر از شکر است مثال جالبی می باشد.
- ۱- وارد کردن گروه متیل یا کلرید در موقعیت پارا، مزه شیرینی را به نصف کاهش می دهد.
- ۲- جایگزین کردن گروه نیترو در موقعیت متا ترکیب بسیار تلخی را ایجاد می کند.
- ۳- قرار گرفتن یک گروه آمینو در مکان پارا، شیرینی را حفظ می کند.
- ۴- جایگزین کردن گروه های متیل، اتیل و برمواتیل در بخش ایمینو موجب تشکیل ترکیبات بی مزه می شود.
- ۵- اما وارد کردن سدیم در این مکان ها موجب تشکیل سدیم ساخارین می شود که بسیار شیرین است.



شکل ۱-۶: اثر جایگزین ها در ساخارین بر شیرینی

### مزه شور:

مزه نمک‌ها به ماهیت کاتیون‌ها و آنیون‌های آن‌ها بستگی دارد. با افزایش وزن مولکولی نمک، مزه آن تلخ می‌شود. کلرید سدیم، پتاسیم و کلسیم شور مزه هستند، اما یدید پتاسیم تلخ است. استات برلیوم و استات سرب نیز شیرین هستند. از نظر شیمیایی کاتیون‌ها سبب ایجاد مزه شور می‌شوند، در حالی که آنیون‌ها از ظهور آن جلوگیری می‌کنند.

جدول مزه تعدادی از پپتیدهای تلخ

مزه	ترکیب پپتید
بی مزه	L-Lys-L-Glu, L-PhE-L-Phe, Gly-Gly-Gly-Gly
ترش	L-Ala-L-Asp, $\gamma$ -L-Glu-L-Glu, Gly-L-Asp-L-Ser-Gly
تلخ	L-Leu-L-Leu, L-Agr-L-Pro, L-Val-L-Val-L-Val
شیرین	L-Asp-L-Phe-OMe, L-Asp-L-Met-OMe
تند	$\gamma$ -L-Glutemyl-S-(prop-1-enyl)-L-cystein

### مزه تلخ:

شناخته شده‌ترین ترکیبات تلخ مزه به آلکالوئیدها و گلیکوزیدها بستگی دارد. کوئینین<sup>۱</sup> اغلب به عنوان استاندارد مزه تلخ مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

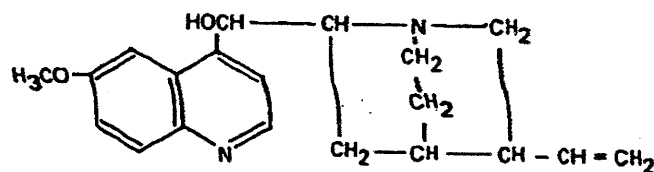
مواد ایجاد کننده مزه تلخ در آستانه پایین‌تری نسبت به سایر مزه‌ها تشخیص داده شده و حلالیت کم‌تری را در آب از خود نشان می‌دهند.

**نکته:** ترتیب حساسیت به مزه‌های اصلی به صورت **تلخی < ترشی < شور** < شیرینی است.

**نکته:** اگر شیرین‌کننده‌های مصنوعی در نظر گرفته شوند، حساسیت به مزه شیرین بعد از مزه تلخ است.

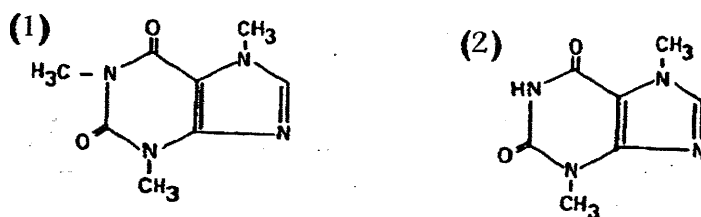
زمانی که میزان نارنگین در گریپ‌فروت زیاد باشد، توسط سیستم هیدرولیز آنزیمی به صورت آنزیم‌های تثبیت شده می‌توان تلخی‌زدایی کرد. در این مرحله دی‌ساکارید روتینوز در طی دو مرحله به ترتیب توسط  $L\alpha$  رامنوزیداز<sup>۲</sup> و سپس  $\beta$  گلوکوزیداز<sup>۳</sup> شکسته شده و نارنگین حاصل می‌شود.

هرگاه نارنگین تلخ مزه تحت اثر هیدرولیز قلیایی و سپس هیدروژناسیون قرار گیرد، ماده بسیار شیرین نارنگین دهیدروکالکون تولید می‌شود.



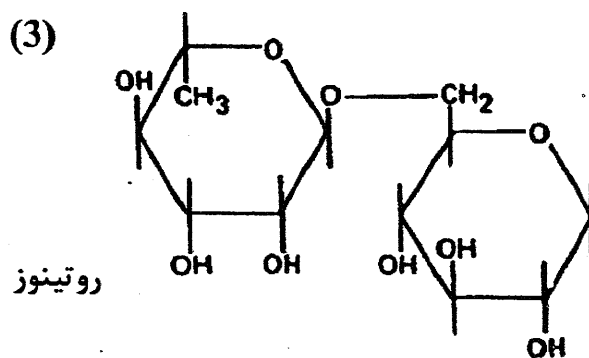
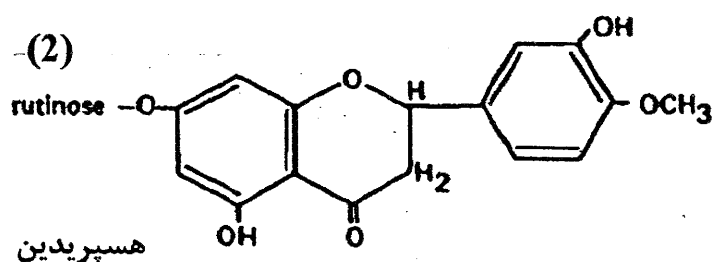
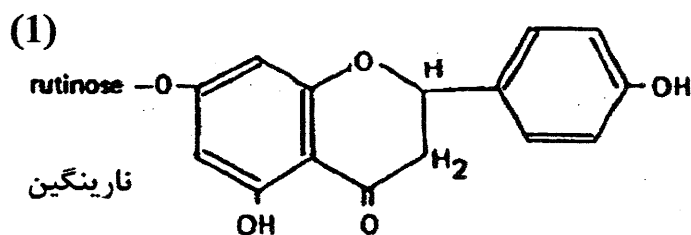
شکل ۲-۶ ساختار کوئینین، مزه تلخ شدید

1. Quinine
2.  $\alpha$ -L-rhamnosidase
3.  $\beta$ -D-glucosidase



شکل (۱) کافئین (۲) تئوبرومین

لیمونین<sup>۱</sup> ماده تلخی است که عامل تلخی، عصاره مرکبات می باشد که در نتیجه یک فرآیند آنزیمی به وجود می آید. کافئین موجود در قهوه و تئوبرومین موجود در کاکائو، مزه تلخ ایجاد می کنند. نارنگین فلاونون غالب در مرکبات به ویژه گریپ فروت است، نارنگین خالص از کینین نیز تلخ تر است. در ساختار نارنگین گلیکوزیدی است که بخش قندی آن روتینوز ( $\alpha$ -L-رامنوپیرانوزیل (1 ← 6) D گلوکز) و بخش آگلیکونی، نارنگینین است که فاقد مزه تلخ می باشد. تلخی پوست مرکبات ناشی از هسپریدین است که یک گلیکوزید بوده و بخش قندی آن هم روتینوز است و آگلیکون آن هسپرتین نام دارد.



شکل ۳-۶: (۱) نارینگین (۲) هسپریدین (۳) روتینوز

### مزه شیرین

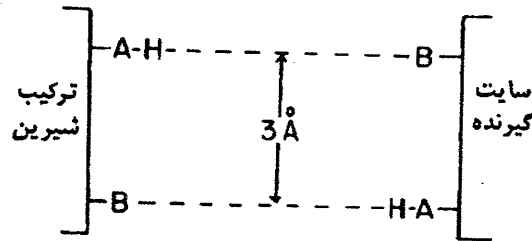
نحوه ایجاد مزه شیرین با تئوری مدل سه جزئی بیان می‌شود. بر این اساس، هر ماده شیرینی در ساختار خود دارای دو واحد AH و B همراه با جزء سوم به نام  $\gamma$  می‌باشد که با هم در ارتباط هستند.

واحد AH یک اتم الکترون‌گاتیو مثل اکسیژن یا نیتروژن است که یک اتم هیدروژن به آن به صورت کووالانسی متصل شده است، مثل  $(NH_2, NH, OH)$ .

واحد B یک اتم اکسیژن یا نیتروژن است که با فاصله‌ای حدود 3 انگستروم از هم قرار گرفته‌اند.

واحد  $\gamma$  یک محل آب گریز است که عموماً متیلن، متیل یا فنیل است. این سه جزء همگی با هم یک ساختار مثلثی را می‌سازند که در قسمت دریافت کننده این واحد در سطح زبان نیز چنین ساختاری وجود دارد. پیوندهای هیدروژنی ایجاد شده میان واحدهای AH و B در ماده شیرین با همین واحدها در سطح زبان نقش اساسی در درک مزه شیرین دارند.

نقش واحد  $\gamma$  هدایت دو واحد AH و B در ماده شیرین و دریافت کننده به سمت واحدهای مشابه است. در قندهایی با شیرینی زیاد مثل فروکتوز، این واحد بسیار اهمیت دارد. اما در قندهای با شیرینی کم اهمیت آن ناچیز است.



شکل ۴-۶: تئوری B و AH درک مزه شیرین

با افزایش وزن مولکولی قندها از میزان شیرینی آن‌ها کاسته می‌شود. علت این امر کاهش حلالیت به علت بزرگ شدن ابعاد قندهای می‌باشد. شیرینی نسبی یک مخلوط از قندهای مختلف، بستگی به میزان یا غلظت هر کدام از قندها دارد، اثرات سینرژیستی ممکن است شیرینی را 20-30٪ افزایش دهد.

جدول شیرینی نسبی تعدادی از قندها و شیرین کننده‌ها

شیرینی نسبی	ترکیب
1	ساکارز
0.27	لاکتوز
0.5	مالتوز
0.5	سوربیتول
0.6	گالاکتوز
0.5 - 0.7	گلوکز
0.7	مانیتول
0.8	گلیسرول
1.1 - 1.5	فروکتوز
30 - 80	سیکلانات
50	گلیسرین
100 - 200	آسپارتیل فنیل آلانیل متیل استر
300	استویوزید
300	نارنگین دی‌هیدروکالکن
500 - 700	ساکارین
1000 - 1500	نئوهسپریدین دی‌هیدروکالکن



### مزه ترش:

اسیدهای آلی در مقایسه با اسیدهای غیرآلی در pH یکسان دارای مزه بیش‌تری هستند که علت این امر ناشی از عمل بافری آن‌هاست. اسیدهایی که به طور نسبی خنثی شده‌اند در مقایسه با اسیدهایی که خنثی نشده‌اند، ولی دارای مقدار برابر اسید یونیزه نشده هستند دارای مزه ترش بیش‌تری می‌باشد.

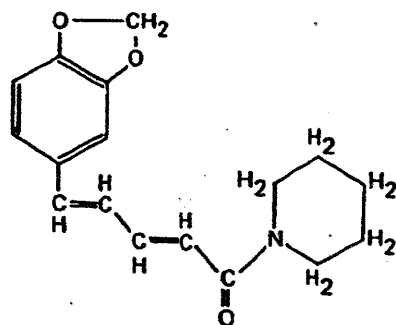
اسیدها مزه‌های مختلفی دارند و ترشی حس شده در دهان ممکن است به ماهیت گروه اسیدی، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون، اثرات بافری و حضور ترکیبات دیگر مخصوصاً قندها بستگی داشته باشد.

### جنبه‌های چشایی دیگر:

طعم گسی معمولاً همراه با تجمع تانن‌ها<sup>۱</sup> یا پلی‌فنل‌ها با پروتئین‌ها در بزاق است که سبب تشکیل نوعی رسوب و جمع شدن آن‌ها می‌گردد. تانن‌ها دارای سطح وسیعی هستند که جهت ایجاد پیوندهای هیدروفوبی با پروتئین‌ها مناسب هستند. هم‌چنین گروه‌های فنلی زیادی دارند که می‌توانند با پروتئین‌ها پیوند هیدروژنی برقرار کنند.

حالت گسی<sup>۲</sup> یا قابض ممکن است در چای مطلوب باشد. اضافه کردن شیر یا خامه می‌تواند از طریق ایجاد اتصال‌هایی میان پلی‌فنل‌های چای با پروتئین‌های شیر این حالت را از بین ببرد.

طعم تند<sup>۳</sup> یا سوزاننده از خواص ادویه‌ها می‌باشد. ترکیب اصلی فلفل سیاه، پایپرین<sup>۴</sup> می‌باشد. وجود پیوند ترانس در بخش آلکیل آن برای ایجاد طعم تند در آن ضروری است. در اثر نگهداری فلفل در نور بخشی از این پیوندها ایزومره شده و طعم آن افت می‌کند.



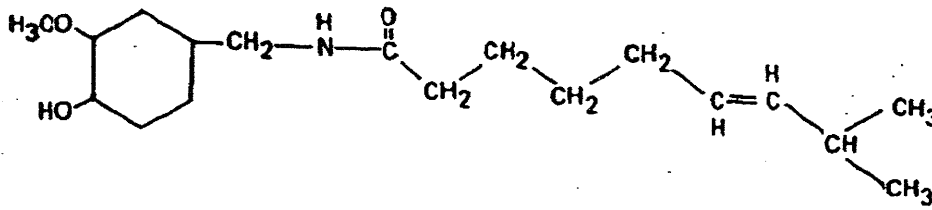
شکل ۵-۶: فرمول ساختمانی پایپرین، ماده‌ای که مسئول تندی فلفل سیاه است.

عامل داغی فلفل قرمز، آمیدهای غیر فرار و و عامل سوزناکی آن، کاپسایسین است.

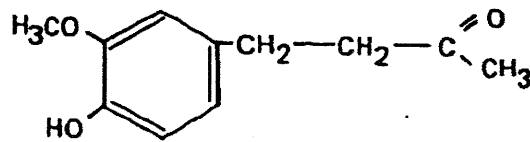
عامل سوزانندگی زنجبیل، زینگرون است.

احساس سردی، از مشخصات منتول<sup>۵</sup> است.

1. Tannins
2. Astringency
3. Pungency
4. Pungency
5. Menthol

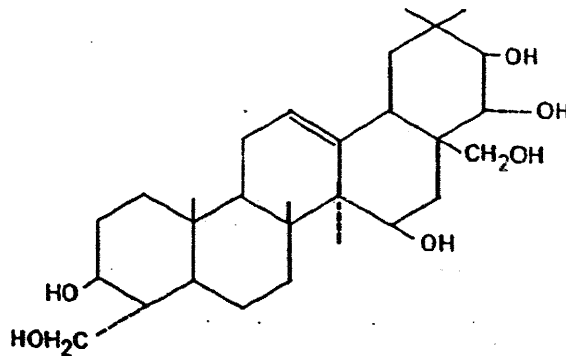


شکل ۶-۶: فرمول ساختمانی کاپسایسین، عامل سوزناکی فلفل قرمز



شکل ۷-۳: فرمول ساختمانی زینگرون، عامل سوزناکی زنجبیل

موادی وجود دارند که باعث تغییر ویژگی‌های چشایی می‌شوند. مثلاً **گیم‌نماگین** که ترکیب حاصل از برگ‌های نوعی گیاه است که از مزه شیرینی ساکارز جلوگیری می‌کند. اما مزه شیرین ساکارین را تقویت می‌کند. هم‌چنین مزه تلخی را کاهش می‌دهد.

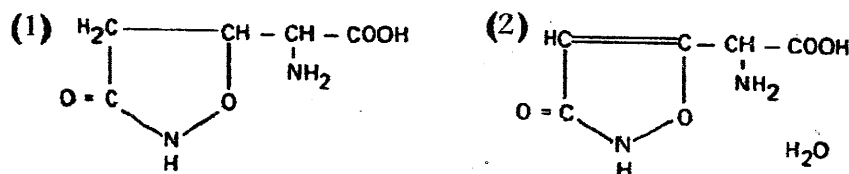


شکل ۸-۶: فرمول ساختمانی گیم‌نماگین

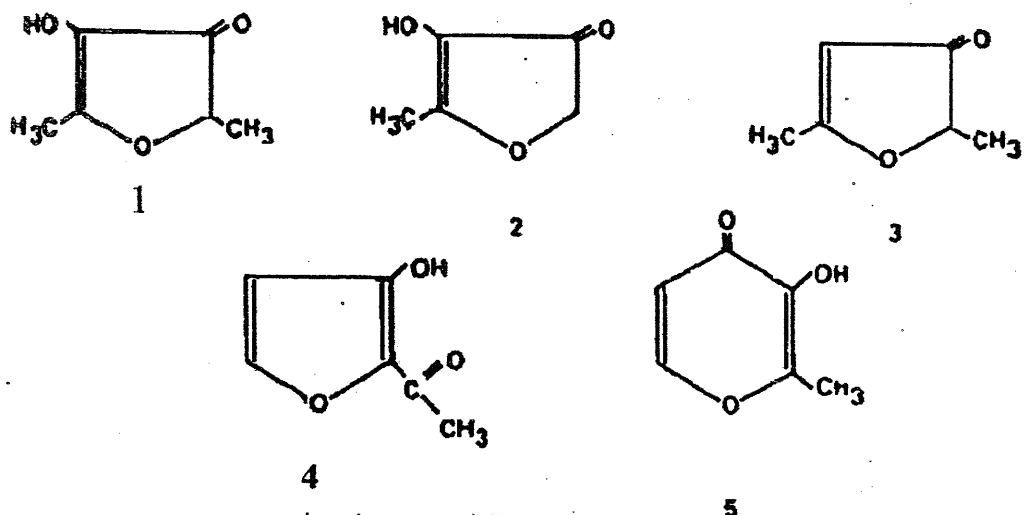
میراکولین<sup>۱</sup> یک گلیکوپروتئین است که قادر است، مزه ترش را به مزه شیرین تبدیل سازد که از نوعی توت آفریقایی به دست می‌آید. برخی از ترکیبات نیز می‌توانند طعم غذا را بهبود و افزایش دهند که مهم‌ترین آنها **L-مونوسدیم گلوتامات<sup>۲</sup>** است. که از گلوتمین گندم، پروتئین سویا و یا منابع میکروبی به دست می‌آید. در pH بین 6-8 مزه گلوتامات موثرترین است و در مقادیر pH پایین اثر آن کاهش می‌یابد. از این ماده جهت تشدید طعم در گوشت قرمز، گوشت مرغ، سوپ و سبزی استفاده می‌شود.

1. Miraculin
2. Mono Sodium Glutamate

5' نوکلئوتیدها به ویژه 5' اینوزین مونوفسفات<sup>۱</sup> و 5' گوانوزین مونوفسفات<sup>۲</sup> دارای اثرات تشدید طعم و تشدید گلوتامات هستند. دو اسید آمینه جدید به نام‌های اسید تری کلومیک و اسید ایبوتنیک نیز خواص تشدید کننده طعم را دارند. مالتول یک افزایش دهنده طعم است که خاصیت شیرینی شکر را زیاد می‌کند و بویی شبیه کارامل دارد. خواص آنتی‌اکسیدانی داشته و به عنوان افزایش دهنده طعم در شکلات، آب نبات، بستنی، قهوه و چای فوری استفاده می‌شود و به طور تجاری توسط تخمیر تولید می‌شود.



شکل ۹-۶: فرمول ساختمانی (۱) اسید تری کلومیک، (۲) اسید ایبوتنیک



شکل ۱۰-۶: فرمول ساختمانی (۱ و ۲ و ۳) تعدادی از فوران‌ها (۴)، ایزومالتول (۵) و مالتول

### بو و طعم مواد غذایی

مکانیزم احساس بو پیچیده‌تر از چشایی است. مواد بودار بایستی به صورت ترکیبات فرار باشند. اکثراً مواد بودار در انواع حلال‌ها، محلول هستند. پیرازین‌ها به وجود آورنده بوی خاص و شدید فلفل سبز هستند و نیز در مواد غذایی که تحت فرآیند حرارتی قرار گرفته‌اند، یافت می‌شوند. نوت کاتون ترکیب طعم‌دار حاصل از روغن گریپ‌فروت است.

• با افزایش طول زنجیر بوی اسیدهای چرب کاملاً تغییر می‌کند. انواع کوتاه زنجیر بوی کاملاً قوی و تند دارند، اما با افزایش طول زنجیر مشخصات طعمی تغییر نموده و تندی کاهش می‌یابد. یکی از خصوصیات مواد طعم‌زا اتصال آن‌ها به مواد دیگر نظیر پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها می‌باشد که در این حالت طعم توسط این گونه مواد منتقل و هنگام مصرف ماده غذایی اثر خود را ظاهر می‌سازد. وضعیت اتصال یا جذب ممکن است به دو صورت باشد،

1. 5' - Inosine mono phosphate  
2. 5' - guanosine monophosphate

یکی جذب سطحی قابل برگشت که توسط نیروهای واندروالس به وجود می‌آید و دیگری از طریق پیوندهای شیمیایی کووالان که معمولاً در این مورد غیرقابل برگشت است. این شکل غیرقابل برگشت اتصال، با احتمال بیش‌تر در مورد مواد فرار با وزن مولکولی بالاتر است.

- حفظ مواد فرار زمانی که فشار بخار آنها پایین است و وقتی که غلظت آنها کم باشد، بهتر صورت می‌گیرد.

مولکول‌های کربوهیدرات نیز تثبیت‌کننده طعم هستند که یکی از متداولترین آن‌ها صمغ عربی است.

مواد غذایی را از نظر طعم می‌توان به دو گروه تقسیم کرد:

- ۱- غذاهایی که طعم آن‌ها را می‌توان به یک یا چند جزء طعمی اصلی نسبت داد مثل میوه‌ها، سبزی‌ها و ادویه‌های مختلف
- ۲- غذاهایی که طعم آن‌ها را نمی‌توان به یک جزء اصلی نسبت داده و در واقع طعم آن‌ها ناشی از برهم کنش کمپلکس اجزای مختلف است مثل نان، گوشت و پنیر

- طعم میوه‌ها در طول یک دوره کوتاه رسیدن، حاصل می‌شود و به میزان زیادی بستگی به استرها دارد، در طی رسیدن میوه‌ها نسبت قند - اسید آنها افزایش می‌یابد.

در حالی که در سبزی‌ها طعم در درجه اول در هنگام پاره شدن، دیواره سلولی ظاهر می‌گردد و ترکیبات گوگرد دار در ایجاد طعم آن‌ها مهم‌تر می‌باشد.

ترین‌ها<sup>۱</sup> که از ترکیبات 5 کربنه‌ای موسوم به ایزویرن ساخته می‌شوند، نقش مهمی در عطر مرکبات دارند. سیترال<sup>۲</sup> یک مونوترپن آلدهیدی است که به وجود آورنده عطر خاص لیمو می‌باشد.

عطر خاص گریپ‌فروت ناشی از ترکیب **p-I**-متن -8- تیول می‌باشد که آستانه طعم‌زایی بسیار پایین دارد.

سیر و پیاز در حالت طبیعی خود فاقد بوی تند و قوی هستند اما در اثر خرد شدن، یا جویده شدن آنزیم و سوستررا در تماس با یکدیگر قرار گرفته و بوی تند و شدیدی را به وجود می‌آورند.

ماده پیش‌ساز طعم و بو در پیاز **S** - (1- پروپنیل) - **L** - سیستین سولفوکسید می‌باشد که تحت اثر آنزیم آلی ایناز به 1- پروپنیل - سولفینیک اسید، اسید پیرویک و آمونیاک تبدیل می‌شود.

1- پروپنیل - سولفینیک اسید پس از تغییر آرایش درونی تبدیل به تیوپروپانال **s** - اکسید می‌شود که این ترکیب همان ماده‌ای است که بوی خاص پیاز از آن ناشی شده و سبب جاری شدن اشک می‌شود.

در سیر ماده اولیه **S** - (2- پروپنیل) - **L** - سیستین سولفوکسید است.

دو فرآیند تخمیر و پختن باعث به وجود آمدن طعم‌های مختلف در نان می‌شود. واکنش میلارد و ترکیبات حاصل از آن نقش اساسی را در به وجود آوردن طعم نان در هنگام پخت دارند. در نان سفیدی که در آن از گلوکز استفاده شده باشد، هیدروکسی متیل فورفورال ترکیب کربونیلی غالب است.

طعم پنیر ناشی از فرآیند تخمیری خاصی است که روی آن صورت می‌گیرد. در جریان رسیدن پنیر، کازین، چربی و قند شیر دست‌خوش تجزیه می‌شوند و مواد طعم‌زای گوناگون را ایجاد می‌کند.

تجزیه لیپیدها برای تولید آرومای پنیر ضروری است، چون در پنیر ساخته شده از شیر بدون چربی، آرومای کامل پنیر معمولی به وجود نمی‌آید.

دی‌استیل<sup>۳</sup> نقش اساسی در ایجاد طعم کره دارد لوکونوستوک سیتروروم از اثر بر روی اسید سیتریک موجود در شیر این ماده را به وجود می‌آورد. دی‌استیل چندان پایدار نیست و ممکن است به استوئین تبدیل شود.

1. Terpenes
2. Citral
3. Diacetyl

بخش اصلی عطر و طعم ماست که ناشی از فعالیت میکروبیهای مایه ماست است، استالدهید<sup>۱</sup> و نیز دی استیل است. قسمت اصلی طعم گوشت در مرحله پختن ایجاد می شود. ترکیبات هتروسیکلیک مثل تiazول، تiazولین، فوران، پیرازین و پیریدین نقش مهمی در ایجاد طعم گوشت دارند. اما بوی گوشت تنها مربوط به تiazول<sup>۲</sup> و تiazولین<sup>۳</sup> است. در چای به دلیل فعالیت آنزیمهای آزاد شده در اثر خرد کردن برگها، پروتئینها تجزیه شده و اسیدهای آمینه‌ای را به وجود می آورند که منبع اولیه ترکیبات طعمزا هستند.

آنزیمهای پلی فنل اکسیداز ترکیبات پلی فنلی را که 25٪ وزن خشک چای را تشکیل می دهند تجزیه نموده و علاوه بر ایجاد رنگ مواد طعمزا نیز به وجود می آورد.

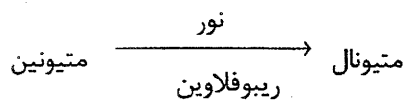
هنگام تخمیر برگ چای دو ترکیب **تتافلاوین و تتاروبیگین** تشکیل می شود.

تتافلاوین به وجود آورنده رنگ قرمز پرتقالی شفاف در چای می باشد و طعم یا حالت گسی ایجاد می کند. پس در طعم چای موثر می باشد مقدار آن دو درصد چای خشک است.

تتاروبیگین حدود 7-18٪ وزن چای خشک است و به صورت یک اسید ضعیف می باشد که پس از یونیزه شدن آنیون حاصل از آن رنگ شدید در چای ایجاد می کند. اضافه کردن ترکیبی اسیدی مثل آب لیمو به چای از این عمل یونیزه شدن جلوگیری می کند، در نتیجه رنگ شدید در چای ایجاد نشده و چای کمرنگ می شود. اما تهیه چای با آب قلیایی سبب پررنگ تر شدن آن می گردد.

منشاء اصلی طعم در قهوه فرآیند بو دادن و برشته کردن است.

چنانچه محصولات لبنی تحت اثر نور قرار بگیرند، نوعی طعم بد که شبیه پرسوخته است در آنها به وجود می آید که این بد طعمی ناشی از تجزیه اسیدهای آمینه می باشد. تجزیه اسید آمینه توسط نور در شیر به ریوفلاوین نیاز دارد. در طی این واکنش **متیونال** که آستانه طعمی بسیار پایینی دارد ایجاد می گردد که این ترکیب عامل طعم نامطلوب شیر نور دیده است.



ترکیبات طعم دهنده دارای منشا طبیعی یا سنتتیک هستند. در گروه نخست **اسانس معطره و اولئورزینها** جای می گیرند، در حالی که در گروه دوم تمام ترکیبات طعم دهنده‌ای که به طور مصنوعی تهیه می شوند جای می گیرند.

تمام ترکیبات طبیعی که در ایجاد بو و طعم شرکت می کنند (ادویه‌ها و دانه‌های معطر) چند ویژگی مشترکی دارند:

- ۱- تمام آنها عطر و طعم ویژه‌ای دارند.
- ۲- ممکن است به طرق مختلفی تهیه شده باشند، یعنی قسمتهایی از گیاه مثل برگ ساقه ریشه یا دانه باشند. در این شرایط ممکن است گیاه کامل خرد شده، یا مثلاً خشک شده به کار رود.
- ۳- مقدار غلظت آنها بین 0.5-1٪ می باشد.
- ۴- اغلب آنها علاوه بر ایجاد عطر و طعم خواصی همچون آنتی اکسیدان بودن نیز بروز می دهند و برخی از آنها خواص ضدباکتریایی دارند.
- ۵- اسانس‌های روغنی معطره در اغلب موارد با روش تقطیر و توسط بخار آب جدا می شود.

اولئورزینها ترکیباتی معطر اما غیر فرار هستند که غالباً از ادویه‌جات به وسیله حلال‌های آلی فرار تهیه می شوند (هگزان، بنزن و کلروفرم). معمولاً جداسازی آنها را با تکنیک تقطیر در خلاء انجام می دهند و بخش تغلیظ شده‌ای که به دست می آید حاوی ترکیبات چسبنده و رنگی است که پس از سرد شدن به توده‌ای رزینی تبدیل می شود. اما غالباً نسبت به اسانس‌های روغنی گروه‌های عاملی محدودتری دارد.

## فصل هفتم

### مواد معدنی

اغلب مواد غذایی علاوه بر ترکیبات عمده، مقادیر مختلفی از کانی‌ها را دارند که ممکن است به صورت نمک‌های غیرآلی یا آلی و یا به صورت ترکیب با ماده آلی باشد، مثل فسفوپروتئین‌ها. مواد معدنی به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

۱- مواد معدنی عمده که میزان آن‌ها در بدن بیش از 50 ppm است شامل سدیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، کلرید، سولفات، فسفات، می‌کربنات و کربنات

برخی از اجزای معدنی اصلی مخصوصاً انواع تک ظرفیتی، به صورت نمک‌های محلول و اکثراً یونیزه شده، حضور دارند. این موضوع برای مثال در مورد کاتیون‌های سدیم و پتاسیم و آنیون‌های کلرید و سولفات صدق می‌کند. اما تعدادی از یون‌های چند ظرفیتی معمولاً در اشکال تعادلی بین یونی، غیر یونی حل شده و انواع کلوئیدی وجود دارند.

۲- مواد معدنی کم مقدار که میزان آن‌ها در بدن کم‌تر از 50 ppm است و خود به سه گروه تقسیم می‌شوند

(الف) عناصر مغذی ضروری: آهن، مس، کبالت، ید، منگنز، روی

(ب) عناصر غیرمغذی غیرسمی: آلومینیوم، بور، نیکل، قلع، کروم

(ج) عناصر غیرمغذی سمی: جیوه، سرب، آرسنیک، آنتی موان، کادمیوم

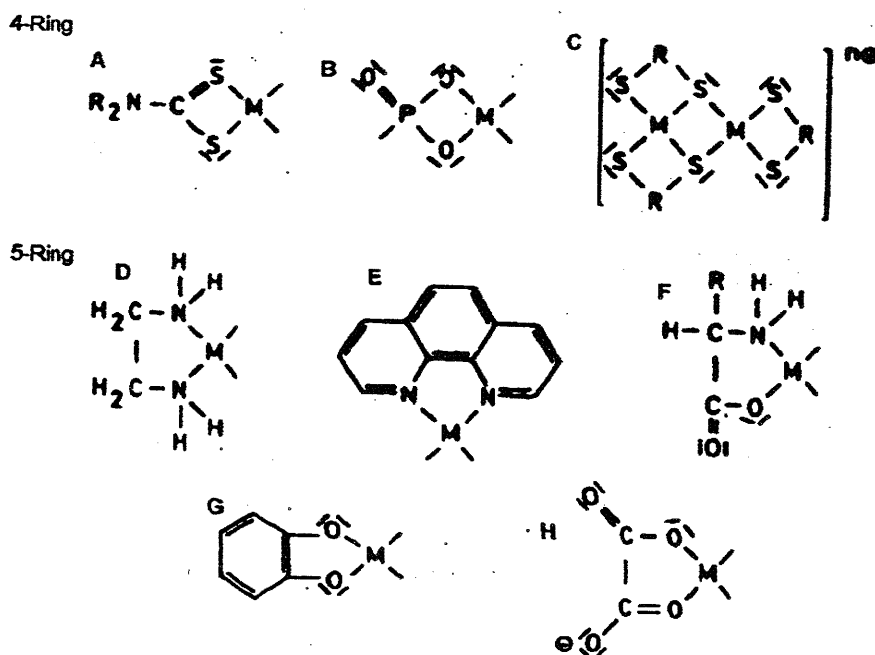
عناصر معدنی را به روش خاکستر کردن تعیین می‌کنند.

فلزات اغلب به صورت چنگالی هستند. چنگالی‌ها کمپلکس‌های فلزی هستند که به وسیله پیوندهای کئوردینانسی بین لیگاند (بازو) و کاتیون فلزی به وجود می‌آید.

در تشکیل چنگالی بازو به صورت باز لوئیس (دهنده زوج الکترون) و فلز به صورت اسید لوئیس (گیرنده زوج الکترون) عمل می‌کند.

هنگامی که بازو نسبتاً قلیایی‌تر باشد، چنگالی پایدارتر است. با کاهش pH پایداری چنگالی کاهش می‌یابد.

کرومیل، میوگلوبین و هموگلوبین، ویتامین B<sub>12</sub> و کاربونات کلسیم نمونه‌هایی از چنگالی‌ها هستند.



شکل ۱-۷: مثال‌هایی برای شلات‌های فلزی.

مواد معدنی عمده گوشت شامل پتاسیم، سدیم و فسفر است. مقدار پتاسیم گوشت بیش‌تر از سدیم و منیزیم بیش از کلسیم می‌باشد. مواد معدنی نامحلول به پروتئین‌ها اتصال دارند و چون کانی‌ها (مواد معدنی) به بخش غیر چرب گوشت متصل هستند، گوشت‌هایی که چربی کم‌تری دارند به طور نسبی خاکستر (مواد معدنی) بیش‌تری دارند. پتاسیم در گوشت تقریباً فقط در فاز درون سلولی همراه با منیزیم فسفات و سولفات قرار دارد و سدیم در فاز بین سلولی می‌باشد، پس هنگام خروج شیرابه از گوشت سدیم بیش‌تری از دست می‌رود. تعادل یونی در ظرفیت جذب آب گوشت نقش دارد. در نقطه ایزوالکتریک کم‌ترین جذب آب گوشت وجود دارد، با افزودن اسید و قلیا دفع الکترواستاتیکی افزایش یافته و ظرفیت جذب آب افزایش می‌یابد. همچنین افزودن نمک خنثی مثل NaCl نیز ظرفیت جذب آب را افزایش می‌دهد که مربوط به یون کلر است.

### استروویت‌ها:

گاهی فسفات‌ها می‌توانند در غذا بلورهای نامطلوبی ایجاد کنند مثال رایج آن بلور استروویت<sup>۱</sup> است که منیزیم آمونیوم فسفات است. این ترکیب در غذاهای دریایی کنسرو شده یافت می‌شوند. با حرارت دادن و افزودن اسیدهای آلی می‌توان آن‌ها را بر طرف کرد، مصرف این ترکیبات خطری برای فرد ندارد.

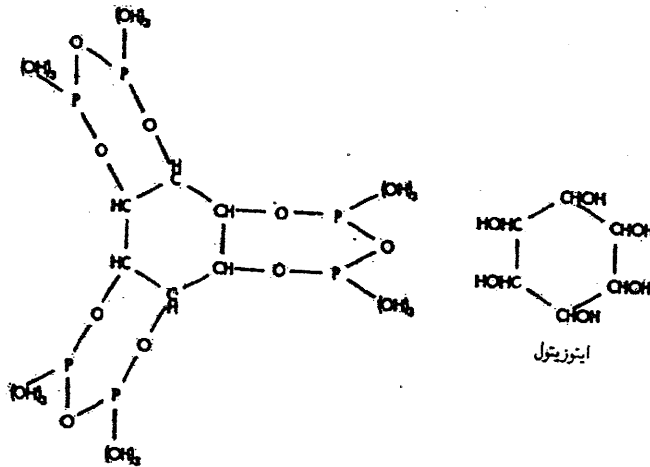
### شیر:

در شیر میزان پتاسیم سه برابر سدیم است (برعکس پلاسما خون). برخی از نمک‌های معدنی شیر در مقادیر بیش از حلالیتشان قرار دارند، بنابراین به شکل کلوئیدی هستند. ذرات کلوئیدی شیر شامل کلسیم، منیزیم، فسفات و سترات است. شیردارای کاتیون بیش‌تری نسبت به آنیون‌ها می‌باشد.

حرارت دادن سبب تبدیل کلسیم و فسفات محلول به فاز کلوئیدی می‌گردد. اما افزودن اسید یا سرد کردن شیر سبب می‌گردد، کلسیم و فسفر از حالت کلوئیدی به فرم محلول در آیند.  
تغلیظ شیر اثر دوگانه‌ای بر روی املاح آن دارد کاهش حجم شیر باعث انتقال کلسیم و فسفات به فاز کلوئیدی می‌گردد اما این فرآیند یون هیدروژن را افزایش می‌دهد. پس نتایج بستگی به تعادل نمکی اولیه شیر و ماهیت فرآیند حرارتی دارد.

### فرآورده‌های گیاهی:

گیاهان معمولاً پتاسیم بیش‌تری از سدیم دارند. قسمت عمده منابع معدنی دانه گندم در بخش پوسته آن متمرکز است. بنابراین آردهایی که از بخش‌های متفاوت آسیابانی به‌دست می‌آیند، خاکستر متفاوتی دارند. درجه استخراج آرد با میزان خاکستر آن رابطه مستقیم دارد.  
حدود 70-80٪ فسفر در لوبیای سویا به شکل اسید فیتیک<sup>۱</sup> است که ساختار آن اینوزیتول هگزافسفریک اسید می‌باشد. فیتات‌ها برحل پذیری پروتئین‌ها و ذخیره و جذب کلسیم اثر نامطلوب دارند. میزان املاح میوه‌ها خیلی کم‌تر از سبزیجات است. سرعت پیری میوه‌ها و سبزی‌ها تحت تاثیر محتوای کلسیم بافت آن‌ها قرار دارد.



اسید فیتیک

### عناصر کم مقدار:

#### - کبالت:

جزء ضروری ویتامین B<sub>12</sub> است و کمبود آن در انسان رخ نمی‌دهد.

#### - مس:

در آنزیم‌های پلی فنلاز، سیتوکروم اکسیداز موجود می‌باشد. در پلاسمای خون به سروپلاسمین متصل است که اکسایش Fe<sup>2+</sup> به Fe<sup>3+</sup> را کاتالیز می‌کند. چون تنها شکل Fe<sup>3+</sup> است که توسط پروتئین ترانسفرین به انبار آهن در کبد منتقل می‌شود. دوز بالای سولفات مس تهوع‌آور است.

#### - آهن:

مهم‌ترین عنصر واسطه بدن، آهن است که جزئی از رنگدانه هم و بخش از آنزیم‌هایی مثل کاتالاز و پراکسیداز و هیدروکسیلاز می‌باشد. جذب آهن در روده کم بوده و بستگی به ترکیب آهن در رژیم غذایی دارد. وجود اسید اسکوربیک جذب آهن را افزایش می‌دهد.



دو عامل تغذیه‌ای قابلیت استفاده حیاتی آهن را افزایش می‌دهد. یکی اسیداسکوربیک و دیگری عامل ناشناخته‌ای تحت عنوان **عامل گوشت**

آهن مواد غذایی به دو گروه آهن هم و غیر هم تقسیم می‌شود که بیش‌ترین قسمت آهن را آهن غیرهم تشکیل می‌دهد که به حالت یونی احیا شده وارد روده می‌شود. جذب آهن غیرهم به میزان زیادی تحت تاثیر ماهیت غذا قرار دارد. آهن هم درون روده از گلوبین جدا می‌شود و جذب چنگالی آهن - پورفیرین بدون دست خوردگی انجام می‌شود به همین علت بازدارنده‌ای مثل اسید فیتیک در جذب آهن هم تاثیری ندارد. هم‌چنین جذب آهن هم بوسیله اسکوربات بهبود نمی‌یابد، ولی به وسیله گوشت بهبود می‌یابد. افزودن هیستیدین نیز جذب آهن هم را بهبود می‌بخشد. غذاهای جانوری از اجزاء مهم رژیم غذایی هستند. نه به این علت که دارای آهن هم قابل استفاده زیادی هستند، بلکه به این علت که جذب آهن غیر هم را تقویت می‌کنند.

آهن در فرآورده‌های گیاهی به‌صورت کمپلکس‌های نامحلول فریک یا اسید فیتیک، اگزالیک، فسفات‌ها و کربنات‌ها می‌باشد. جذب آهن تخم‌مرغ کم است چون یون فریک کاملاً به فسفات فسفوپروتئین‌های زرده تخم‌مرغ متصل شده است. چای، قهوه، سبوس، پروتئین و فیبر همگی باز دارنده جذب آهن هستند، اما قوی‌ترین بازدارنده آهن، چای است. آهن شیر، توسط لاکتوفیرین و آهن خون، توسط ترانسفرین در فرم یون فریک ( $Fe^{3+}$ ) حمل می‌شود. جهت غنی‌سازی آرد از آهن استفاده می‌شود. در این حالت سولفات فرو خوب جذب می‌شود، اما غذا را دچار تغییر رنگ می‌کند. آهن عنصری نیز خوب جذب می‌شود و نیز در غذا تغییری ایجاد نمی‌کند. پس شکل مطلوب جهت غنی‌سازی آرد آهن عنصری است. در این حالت جذب آهن بسیار متغیر بوده و بستگی به اندازه ذرات آرد دارد.

#### - روی :

روی جزئی از آنزیم کربونیک انیدراز، کربوکسی پپتیداز، لاکتات دهیدروژناز می‌باشد، بالاترین مقدار روی در آبریان صدقار یافت می‌شود. تخم‌مرغ نیز منبع خوبی از روی است.

#### سلنیوم:

سلنیوم یک آنتی‌اکسیدان است و می‌تواند فعالیت توکوفرول را تقویت کند آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز دارای سلنیوم است. خالص‌ترین شکل آن سلنیت است که پایداری شیمیایی بسیار کمی دارد. سلنیوم از نکرورز (بافت مردگی) کبدی جلوگیری می‌کند.

#### فلوئور:

فلوئور جزء تشکیل دهنده استخوان اسکلتی است که در کاهش پوسیدگی دندان اثر دارد. به نظر می‌رسد که ضمن ترکیب شدن با فسفات کلسیم در دندان‌ها، مینای آن را سخت می‌کند. فلوئور به شکل فلوئورید سدیم یا فلوئور سیلیکات آمونیوم به آب اضافه می‌شود. حضور فلوئور در آب آشامیدنی تا حد 1ppm کاملاً بی‌خطر بوده و پوسیدگی دندان را در سراسر عمر کاهش می‌دهد. روش‌های دیگر مثل فلوئورینه کردن خمیردندان یا قرص، کم‌اثرتر از فلوئوردار کردن آب می‌باشد. فلوئوردار کردن آب به محیط زیست صدمه‌ای نمی‌زند.

#### ید:

ید در بدن در ترکیب دو هورمون تری‌یدوتیرونین و تترا‌یدوتیرونین (تیروکسین) وجود دارد. کمبود آن باعث ایجاد گواتر می‌شود. در مواد غذایی ید به صورت یدید یافت می‌شود. بهترین منابع آن، غذاهای دریایی هستند. در مناطق دچار کمبود ید، بهترین راه افزودن ید به نمک می‌باشد که جهت این کار از یدید پتاسیم یا کلسیم اضافه می‌کنند. علاوه بر یدید مقادیر کمی منیزیم کربنات هم می‌توان به نمک افزود که خواص پاشیده شدن آن را اصلاح کند.

## فصل هشتم

### مکانیسم واکنش‌های قهوه‌ای شدن

واکنش‌های قهوه‌ای شدن از دسته واکنش‌هایی هستند که در برخی موارد مطلوب و گاهی نامطلوب تلقی می‌شوند. مثلاً قهوه‌ای شدن پوست نان، کیک و بیسکوئیت مطلوب، در برخی محصولات مثل سیب‌زمینی سرخ کرده تا حدودی مطلوب و در مواردی مثل میوه‌ها و سبزی‌های خشک یا منجمد و یا پودر تخم‌مرغ یا پودر شیر خشک به طور کلی نامطلوب بوده و فساد تلقی می‌شود.

واکنش‌های قهوه‌ای شدن به دو دسته‌ی اساسی قهوه‌ای شدن‌های آنزیمی و غیر آنزیمی تقسیم می‌شوند. قهوه‌ای شدن آنزیمی توسط آنزیم‌های فنولازی انجام می‌گیرد. قهوه‌ای شدن‌های غیر آنزیمی شامل میلارد، کاراملیزاسیون و اکسیداسیون ویتامین C می‌باشد.

#### ۱- واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی:

این نوع واکنش قهوه‌ای شدن در اثر عمل اکسیژن بر روی سوبسترای فنولیک توسط آنزیم‌های فنولازی صورت می‌گیرد.

• این آنزیم‌ها شامل تیروزیناز، کروسولاز (هیدروکسیلاز)، کاتشولاز (پلی فنل اکسیداز/فنلاز PPO) است.  
سوبسترای واکنش‌های قهوه‌ای شدن نیز ترکیباتی بسیار متنوع هستند، ولی همگی فنولیک می‌باشند. مثل فلاونوئیدها، تانن‌ها، مونو و دی‌فنل (اورتودی فنل‌ها)، کاتشول، کافئیک اسید، تیروزین (سوبسترای قهوه‌ای شدن در چغندر و سیب‌زمینی) و کلروژنیک اسید (سوبسترای قهوه‌ای شدن در سیب و گلابی).

این واکنش‌ها در دو مرحله انجام می‌شود.

مرحله‌ی اول: سوبسترای مونوفنل مثل تیروزین تحت اثر آنزیمی به نام هیدروکسیلاز (کروسولاز) هیدروکسیله شده و تبدیل به یک ساختار اورتودی فنل مثل ۳ و ۴ دی‌هیدروکسی فنیل آلانین می‌شود.

تنها ساختارهای اورتودی فنل می‌توانند سوبسترای کاتشولاز باشند. اما مشتقات متادی فنل عموماً سوبسترای این آنزیم نیستند. از این گروه می‌توان به رزورسینول و فلوروگلوکوسینول اشاره کرد.

به این ترتیب ترکیبات مونوفنل مثل تیروزین سوبسترای واکنش‌ها با اثر کند هستند، زیرا ابتدا باید هیدروکسیله شوند.

سوپستراها به سه گروه تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱- فنل‌های ساده: این گروه خود شامل سه گروه می‌باشد.

a - مونوفنل‌ها ← تیروزین

b - دی فنل‌ها ← کاتکول، کافئیک اسید و پروتوکاتشونیک اسید.

c - پلی فنل‌ها ← اسید گالیک (در قارچ و سیب و گلابی)

۲- مشتقات اسید سینامیک: از این گروه می‌توان به اسیدکلروژنیک اشاره کرد که در خاکستری شدن سطح سیب‌زمینی پخته و در خاکستری شدن سطح قارچ پخته دخالت دارد. در سیب و گلابی نیز وجود دارد.

۳- رنگ‌دانه‌هایی که دارای ساختار فنلی هستند: آنتوسیانین‌ها - لوکوانتوسیانین‌ها و فلاونول‌هایی مثل کوئرستین، مریسیتین

مرحله دوم: ترکیبات ارتودی فنل‌ها توسط آنزیم دیگری تحت عنوان پل فنل اکسیداز یا کاتشولاز در حضور اکسیژن اکسید شده و تبدیل به ترکیباتی، تحت عنوان ارتوکینون می‌شوند. در ادامه ارتوکینون‌ها تبدیل به ترکیب حد واسطی به نام دوپاکروم شده و این ترکیبات پلیمریزه شده و ملانین‌ها را تشکیل می‌دهند.

- عوامل موثر بر قهوه‌ای شدن آنزیمی و راهکارهایی برای ممانعت از آن

۱- حذف اکسیژن از دسترس ترکیبات:

از آنجا که این واکنش از نوع اکسیداسیون، احیا است، بنابراین حذف کامل اکسیژن سبب متوقف شدن آن می‌شود. علت قرار دادن محصولات پس از پوست‌گیری در تانک‌های حاوی آب نمک یا اسید سیتریک در مرحله‌ی کنسروسازی نیز همین امر می‌باشد. اما حذف کامل اکسیژن را نمی‌توان در مورد بسیاری از مواد غذایی انجام داد. زیرا اکسیژن زیادی در جافت آنها وجود دارد.

۲- کاهش pH:

pH اپتیمم این آنزیم‌ها 6-7 می‌باشد. دور شدن از محدوده‌ی اپتیمم pH، سبب کندشدن فعالیت این دسته می‌گردد. به این ترتیب با اضافه کردن اسیدهای آلی pH را کاهش داده و سرعت واکنش را کم می‌کنند.

در صورت کاهش pH به کم‌تر از 2.7 واکنش به‌صورت برگشت‌ناپذیری متوقف می‌شود. زیرا ساختار آنزیم‌ها کاملاً دناتوره می‌شود.

۳- کاهش  $a_w$ :

فعالیت آنزیم با کاهش میزان  $a_w$  کند یا در صورت کاهش زیاد از حد  $a_w$  متوقف می‌شود.

۴- کاهش یا افزایش دما:

دمای اپتیمم این واکنش‌ها بین 30-50 درجه‌ی سانتی‌گراد است.

کاهش دما سبب کندشدن واکنش و افزایش زیاد دما سبب دناتوره شدن آنزیم و متوقف شدن کامل واکنش می‌گردد که تحت عنوان، آنزیم بری یا Blanching نامیده می‌شود. این روش یکی از رایج‌ترین راه‌های جلوگیری از قهوه‌ای شدن آنزیمی است.

#### ۵- استفاده از ترکیبات احیا کننده:

استفاده از ترکیبات احیا کننده‌ای مثل سیستئین،  $SO_2$  و ویتامین C سبب تبدیل کینون‌ها به فنل‌های اولیه شده و سرعت واکنش کند می‌شود.

#### ۶- استفاده از $SO_2$ و محلول‌های آن:

دی‌اکسید گوگرد و محلول‌های آن توانایی متوقف کردن هر دو واکنش میلارد و قهوه‌ای شدن آنزیمی را دارند.  $SO_2$  هم به‌عنوان یک احیا کننده و هم به‌عنوان یک سم آنزیمی سبب متوقف شدن واکنش می‌شود.  
نکته: ترکیبات گوگردی ویتامین  $B_1$  (تیامین) را در غذا تخریب می‌کنند. پس در غذاهای غنی از این ویتامین مثل گوشت نباید از این ماده استفاده شود.

#### ۷- استفاده از نمک:

نمک فعالیت آنزیمی را کند و حتی متوقف می‌کند. اما برای این منظور نمک را به تنهایی به کار نمی‌برند. زیرا غلظتی از نمک که برای توقف این واکنش لازم است، سبب خراب شدن طعم و حتی بافت محصول می‌شود.

#### ۸- متیله کردن سوبسترا:

مشخص شده سوبسترای متیله شده قابلیت قهوه‌ای شدن توسط آنزیم‌های فنلازی را ندارند. جهت این منظور از آنزیم اورتومتیل ترانسفراز استفاده می‌شود.

فرم متیله شده	سوبسترای اولیه
گایاکول	کاتکول
فرولیک	کافئیک اسید

#### ۹- استفاده از ترکیبات چنگالی کننده:

تمام آنزیم‌های فنلازی دارای گروه پروستتیک مس در ساختار خود هستند. مشخص شده که در فنلاز قارچ، مس یک ظرفیتی و در فنلاز سیب‌زمینی، مس 2 ظرفیتی است. (هرمولکول آنزیم فنلازی دارای چهار اتم مس است).  
اگر از ترکیبات چنگالی کننده مثل اسیدهای آلی استفاده شود، این ترکیبات با درگیر نمودن مس در ساختار خود سبب توقف این واکنش می‌شوند.

اسیدهای آلی در جهت جلوگیری از واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی نقشی دوگانه دارند. یعنی هم باعث کاهش PH شده و هم چنگالی کننده‌ی مس هستند. اسید سیتریک رایج‌ترین اسید مورد استفاده است.

نکته: به طور کلی بهترین روش (صرف‌نظر از مسائل اقتصادی) جهت کند یا متوقف ساختن واکنش قهوه‌ای شدن استفاده از اسید آسکوربیک است. مهم‌ترین نقش اسید آسکوربیک خاصیت احیاء کنندگی آن است.

## ۲- واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی

### A: واکنش میلارد<sup>۱</sup>

واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی در حضور ترکیبات ازته، تحت عنوان واکنش میلارد نامیده می‌شود. این واکنش بین اسیدهای آمینه آزاد یا گروه آمین آزاد پروتئین‌ها یا پپتیدها و گروه هیدروکسیل گلوکوزیدی قندهای احیا کننده یا ترکیبات کربونیلی آزاد حاصل از فرآیند اتواکسیداسیون رخ می‌دهد.

وقوع این واکنش در ایجاد رنگ و طعم پوسته‌ی نان فرآیندی مطلوب است. (طعم نان مربوط به قسمت پوسته است که از دو واکنش میلارد و تخمیر حاصل می‌گردد.) اما در مورد شیرهای خشک یا هنگام تهیه‌ی پودر سفیده‌ی تخم‌مرغ امری کاملاً نامطلوب است (شیر خشک حاصل از Drum Drier بیش‌تر دچار میلارد می‌شود).

واکنش میلارد در سه مرحله‌ی اساسی انجام می‌شود:

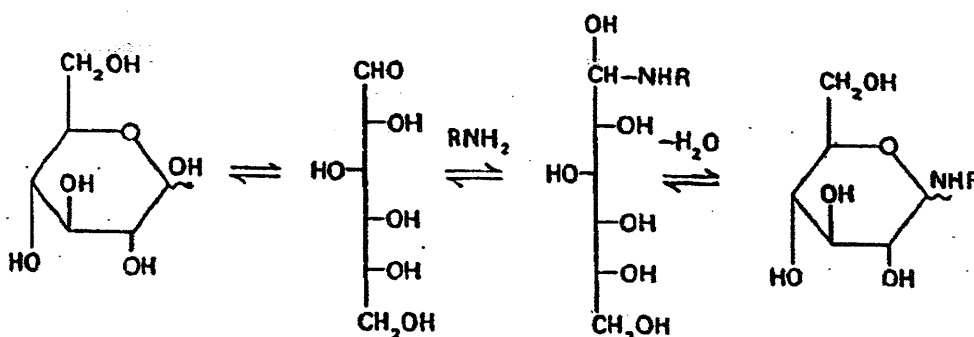
#### ۱- مرحله‌ی آغازین:

در این مرحله قند احیا کننده یا گروه کربونیلی و گروه آمین از طریق تشکیل یک بازشیف<sup>۲</sup> با هم ترکیب شده و گلیکوزیل آمین را تشکیل می‌دهند.

نکته: واکنش‌های مرحله‌ی تشکیل گلیکوزیل آمین تنها واکنش‌های برگشت‌پذیر میلارد هستند و در شرایط رطوبت پایین بهتر رخ می‌دهند، یعنی به حضور رطوبت حساس‌اند.

در این مرحله محصولات بی‌رنگ هستند.

با توجه به اینکه بر اثر این واکنش گروه آمین آمینواسیدها یا پروتئین‌ها بلوکه می‌شوند pH کاهش می‌یابد.



از Hurst (۱۹۷۲)

شکل ۸-۱ تشکیل قابل برگشت گلیکوزیل آمین‌ها در واکنش قهوه‌ای شدن.

در ادامه قند شرکت کننده توئومریزه شده ( دچار تغییر آرایش درونی می‌گردد) و به این ترتیب بسته به قند اولیه شرکت کننده دو

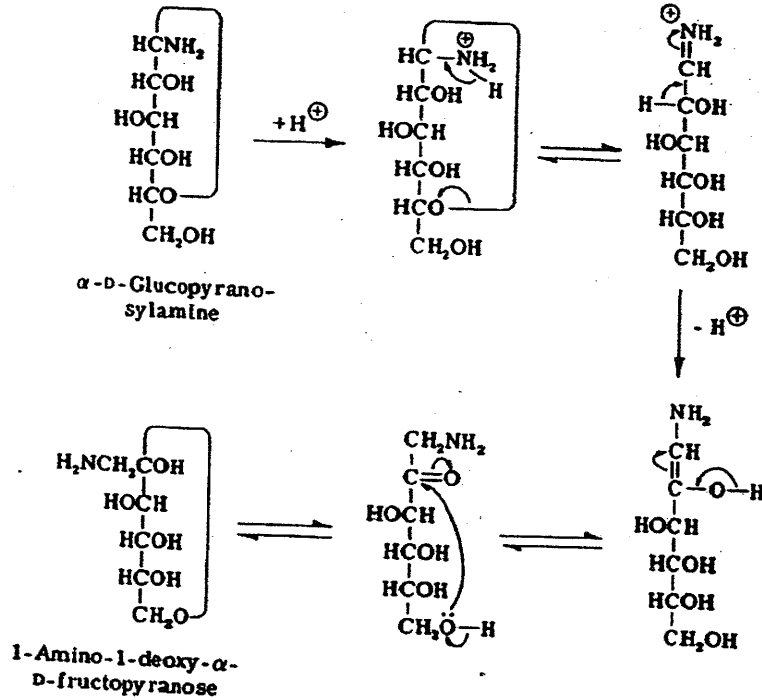
محصول متفاوت حاصل می‌شود:

<sup>1</sup> Mailard

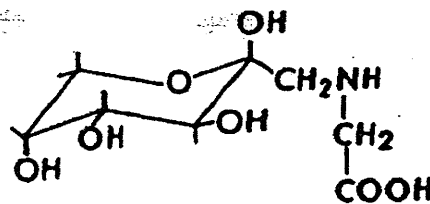
<sup>2</sup> Schff's base

الف) اگر قند اولیه آلدئیدی باشد، تغییر آرایشی موسوم به نوآرایی آمادوری<sup>۱</sup> رخ می‌دهد و فرآورده آمادوری یعنی «۱- آمینو، ۱- داکسی - ۲- کتوز» حاصل می‌شود تغییر مجدد آمادوری نیازمند حضور یک کاتالیست اسیدی می‌باشد.

**Amadori Rearrangement**



شکل ۲- ۸: نوآرایی آمادوری.

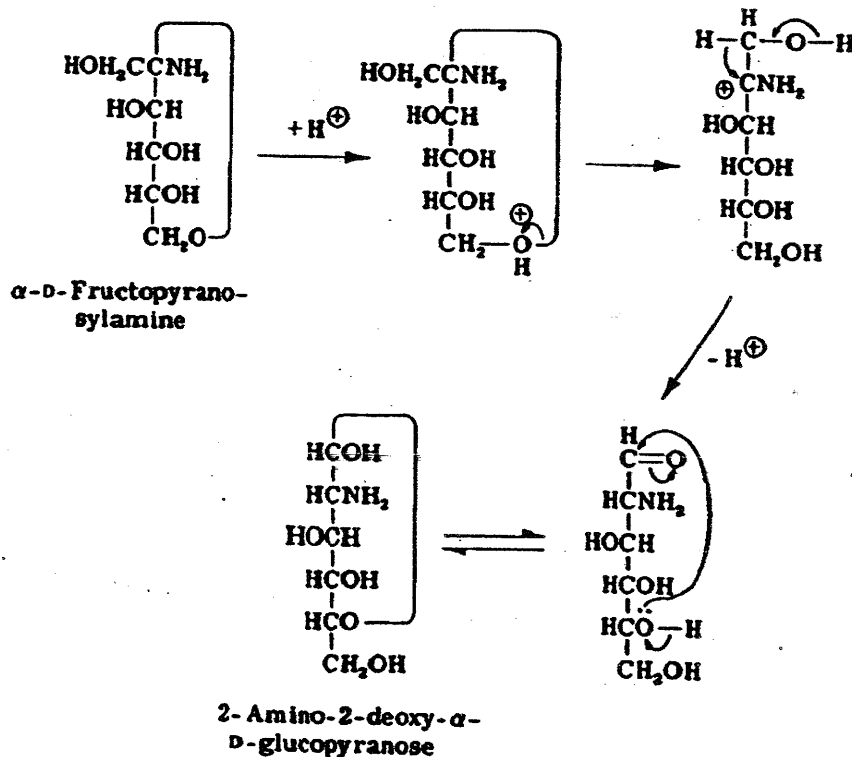


شکل ۳- ۸: فرمول ساختمانی ۱- دی‌اکسی - اگلیسینو - D-β فروکتوز

ب) اگر قند اولیه از نوع کتوننی باشد، تغییر آرایش هینز<sup>۲</sup> رخ می‌دهد و یک فرآورده آلدئیدی مثل «۲- آمینو ، ۲- داکسی ، ۲- آلدوز» به وجود می‌آید.

- تغییر آمادوری یا هینز نیاز به حضور یک کاتالیست اسیدی دارد یعنی در طی تغییر مجدد آمادوری اتم نیتروژن کربن شماره ۱ و در آرایش هینز اتم اکسیژن کربن شماره ۶ پروتون دار می‌شود.
- این فرآورده‌ها فاقد رنگ هستند، اما به‌عنوان پیش‌ساز ترکیبات رنگی عمل می‌کنند.

<sup>1</sup> Amadori rearrangement  
<sup>2</sup> Heyns rearrangement



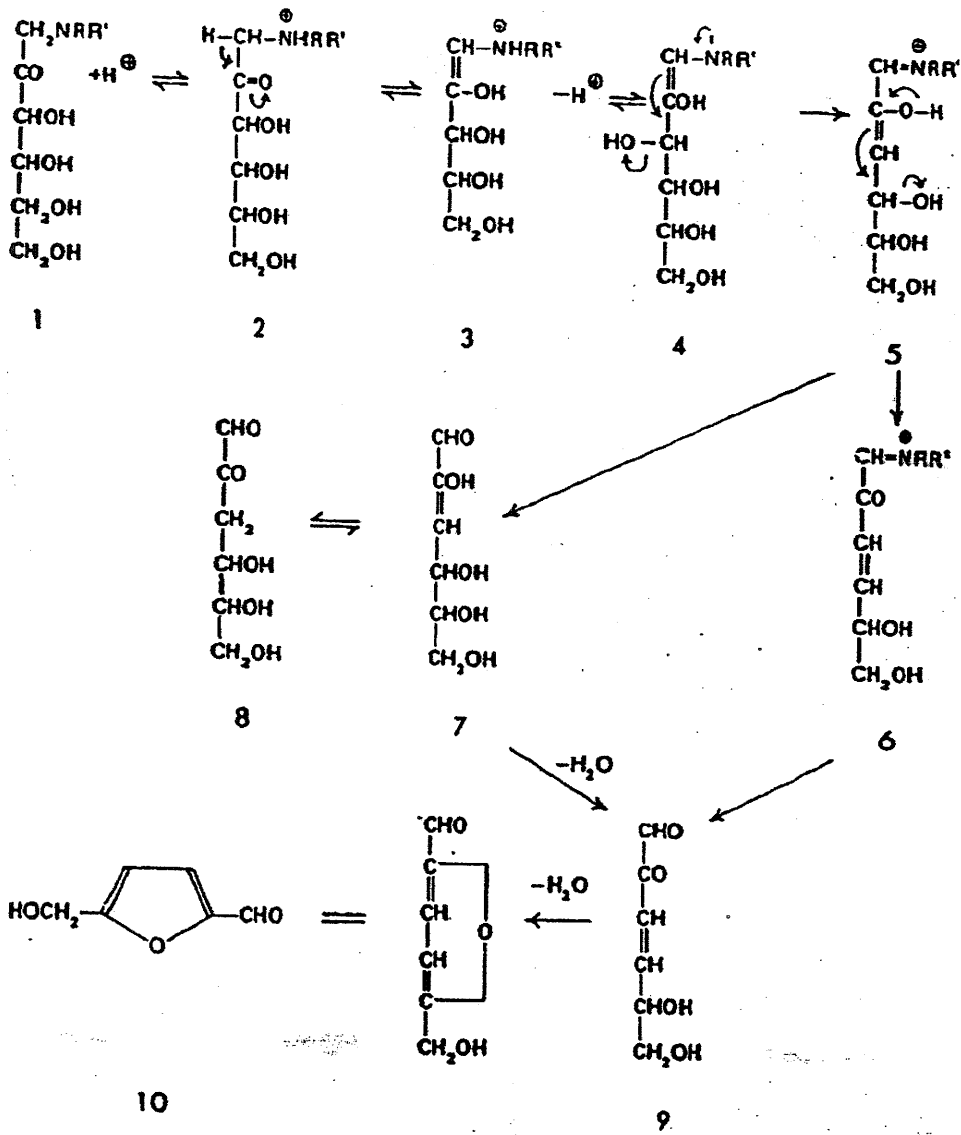
شکل ۴-۸: آرایش مجدد هینز

## ۲- مرحله میانی:

آب‌گیری از قندها، شکسته شدن قندها و تجزیه‌ی آن‌ها در این مرحله رخ می‌دهد. در اثر آب‌گیری از قندها فورفورال و یا هیدروکسی متیل فورفورال<sup>۱</sup> (به ترتیب از قند پنتوز یا قند هگزوز) تشکیل می‌شود. در این مرحله همچنین اسیدهای آمینه آغاز کننده‌ی واکنش، مجدداً تشکیل می‌شوند که می‌تواند واکنش را از ابتدا آغاز کند. برای تجزیه شدن این ترکیبات دو روش متفاوت در نظر گرفته شده است که آنولیزاسیون و تجزیه استرک<sup>۲</sup> است. ترکیب آمادوری در شرایط اسیدی بیش‌تر از طریق ۱ و ۲ آنولیزاسیون و تحت شرایط قلیایی بیش‌تر به صورت ۲ و ۳ آنولیزاسیون تجزیه می‌شود. در آنولیزاسیون ۱ و ۲ ایجاد رنگ حایز اهمیت است. همچنین مقداری عطر و طعم نامطلوب نیز به‌وجود می‌آید که آن را به هیدروکسی متیل فورفورال نسبت می‌دهند. آنولیزاسیون ۲ و ۳ از لحاظ رنگ اهمیت نداشته، بلکه بیش‌تر عطر و طعم ایجاد می‌کند که عطر و طعم ایجاد شده به عطر و طعم حاصل از کاراملیزاسیون بسیار نزدیک است. هر دو مسیر منجر به ایجاد ترکیباتی کربونیلی می‌شوند که به‌عنوان واسطه‌هایی مهم در مراحل بعد دخالت دارند.

<sup>۱</sup> Hydroxymethyl furfural

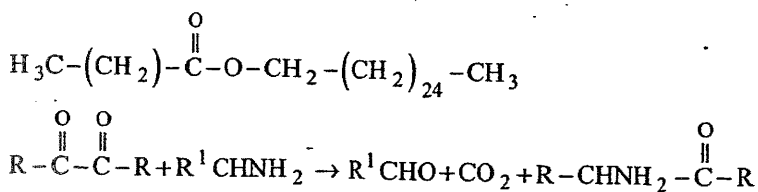
<sup>۲</sup> strecker degradation



شکل ۵-۸. مکانیسم ۱ و ۲ آنولیزاسیون واکنش قهوه‌ای شدن

تجزیه استرکو اساسی‌ترین مرحله‌ی ایجاد عطر و طعم حاصل از میلارد است. طعم ناشی از بو دادن ذرت، آجیل و برشته‌شدن نان را به این واکنش نسبت می‌دهند.

در این واکنش اسیدآمیننه (صرفاً گروه  $\alpha$  آمینواسید) با ترکیبات آلفا دی‌کربونیل وارد واکنش شده و به این ترتیب اسیدآمیننه تبدیل به آلدئیدی با یک اتم کربن کم‌تر می‌شود. این کربن به صورت  $\text{CO}_2$  محیط را ترک می‌کند.





- توری که در بسته‌های شیرخشک نگهداری شده، مشاهده می‌گردد ناشی از همین  $CO_2$  است.
- نکته: در سیستم‌های با رطوبت کم قندها دچار دهیدراتاسیون شده و یکسری ترکیبات حد واسط از این واکنش به وجود می‌آید که از آن جمله ردوکتون‌ها می‌باشند. ردوکتون‌ها تحت شرایطی می‌توانند با آمین‌ها ترکیب شده و ملانوئیدین را تشکیل دهند.
- از سوی دیگر این ترکیبات می‌توانند با ترکیبات آمینی (اسیدهای آمینه) در واکنش استرکر شرکت کرده و تولید  $CO_2$  و عطر و طعم نمایند.
- در طی فرآیند برشته‌کردن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی حاصل می‌شود که هر چه زمان برشته‌کردن طولانی‌تر باشد، میزان تشکیل این مواد بیش‌تر است. اثر آنتی‌اکسیدانی آنها بیش‌تر در مورد اسید لینولئیک ثابت شده است.
- مشخص شده که اگر اسیدهای آمینه شرکت‌کننده در میلارد آلانین و پرولین باشند، بیش‌ترین اثرات آنتی‌اکسیدانی را مشاهده می‌کنیم.

### ۳- مرحله پایانی:

ترکیبات حاصل از مراحل قبل کندانسه و پلیمریزه شده و به این ترتیب رنگ‌دانه‌های ملانوئیدینی میلارد حاصل می‌شوند ملانوئیدین‌های حاصله ترکیباتی سنگین وزن با ساختمان نامعلوم می‌باشند که دارای مقادیر متفاوتی نیتروژن می‌باشند ترکیب ملانوئیدین‌ها با ماهیت شرکت‌کنندگان در واکنش، PH و دما تغییر می‌کند.

### «عوامل مؤثر بر میلارد و راه‌های کنترل آن»:

#### ۱- pH:

واکنش میلارد ترجیحاً در pH های قلیایی رخ می‌دهد. pH اپتیمم این واکنش (6-8) می‌باشد. اثرات pH به میزان زیادی به رطوبت محیط وابسته است. به‌طور کلی در pH های کاملاً اسیدی و با محتوای رطوبت زیاد احتمال وقوع کاراملیزاسیون بالاتر است و در pH های بزرگ‌تر یا مساوی 6 و با رطوبت کم واکنش میلارد بیش‌تر رخ می‌دهد.

#### ۲- رطوبت:

فعالیت آبی بهینه واکنش میلارد حدود 0.6 - 0.7 است که معادل محتوای رطوبتی برابر 15% تا 20 (به صورت اپتیمم 18%) می‌باشد. با افزایش خیلی زیاد رطوبت به‌علت اینکه ترکیبات رقیق می‌شوند سرعت واکنش افت می‌کند به همین دلیل کنسانتره‌های آب میوه‌ها نسبت به آب‌میوه‌ها سریع‌تر قهوه‌ای می‌شوند.

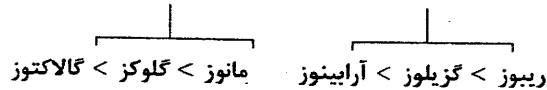
#### ۳- دما:

$Q_{10}$  واکنش میلارد 2-3 است. البته اگر قند فروکتوز باشد، میزان  $Q_{10}$  به شدت افزایش پیدا می‌کند. به این ترتیب کاهش دما یکی از روش‌های جلوگیری از واکنش میلارد است. در محدوده‌ی دمایی بین  $(0^{\circ}C \text{ تا } 90^{\circ}C)$  واکنش میلارد به سادگی رخ می‌دهد. در دمای بالای  $90^{\circ}C$  سرعت واکنش میلارد بسیار شدید می‌شود. افزایش دما علاوه بر افزایش سرعت واکنش، بر الگو و مسیر واکنش هم تأثیر دارد. به این ترتیب که افزایش دما تعداد پیگمان‌ها را بیش‌تر نموده و شدت رنگ آن‌ها را به سبب افزایش میزان کربن افزایش می‌دهد.

۴- قندها:

بر سرعت واکنش میلارد اثراتی کاملاً متفاوت دارند که به صورت زیر است:

پنتوزها < کتوهگوزها < آلدوهگوزها < دی ساکاریدهای احیا کننده



قندها هم بر سرعت واکنش و هم بر الگوی انجام واکنش تأثیر دارد.

یکی از راه‌های جلوگیری از واکنش میلارد استفاده تا حد ممکن از قندهای غیر احیا کننده مثل قند الکل‌ها یا ساکاروز می‌باشد. غذاهایی که غنی از قندهای احیا کننده هستند در واکنش میلارد با سرعت بیشتری شرکت می‌کنند این موضوع تخریب بیشتر لیزین را در شیر نسبت به سایر مواد غذایی توجیه می‌کند.

۵- اثر گروه‌های آمین در واکنش میلارد:

بو و طعم ناشی از میلارد به اسیدهای آمینه شرکت کننده در آن بستگی دارد. بدیهی است که آمینو اسیدی که در واکنش میلارد شرکت می‌کند از دست می‌رود. زیرا گروه آمین آن درگیر واکنش می‌گردد.

مهم‌ترین آمینو اسیدی که در واکنش میلارد از بین می‌رود لیزین است که یک آمینو اسید قلیایی است، و در گروه آمینو اسیدهای اپسیلون ۴ قرار دارد (یعنی گروه آمین آن روی کربن شماره ۴ است).

اسید آمینه اورنیتین که از دسته آمینو اسیدهای امگا (ω) است با سرعت بالاتری از لیزین در واکنش شرکت می‌کند. در این دسته از آمینو اسیدها (امگایی‌ها) با افزایش طول زنجیره سرعت قهوه‌ای شدن بیشتر می‌شود. در حالی که در میان اسیدهای آمینه آلفا (α) که گلیسین از همه فعال‌تر است با افزایش طول زنجیره، سرعت قهوه‌ای شدن کم‌تر می‌شود.

۶- SO<sub>2</sub> و ترکیبات حاصل از آن:

این گروه از طریق بلوکه کردن گروه‌های کربونیلی واکنش میلارد را متوقف می‌کنند.

۷- آنزیم گلوکز اکسیداز:

در هنگام تهیه‌ی پودر سفیده‌ی تخم‌مرغ که حاوی گلوکز است از آنزیم گلوکز اکسیداز استفاده می‌شود، تا گلوکز تبدیل به اسید گلوکونیک شده و به این ترتیب تمایل آن به شرکت در واکنش میلارد از بین برود.

• استفاده از آنزیم‌هایی مثل انورتاز یا گلوکزیداز یا آمیلاز سبب افزایش سرعت واکنش میلارد می‌شود. زیرا میزان قندهای احیا کننده آزاد را افزایش می‌دهند.

۸- وجود یون‌های آهن و مس:

این یون‌ها شدت واکنش و میزان قهوه‌ای شدن را افزایش می‌دهند. آهن سه ظرفیتی در این رابطه در مقایسه با آهن دو ظرفیتی اثر بیشتری دارد.

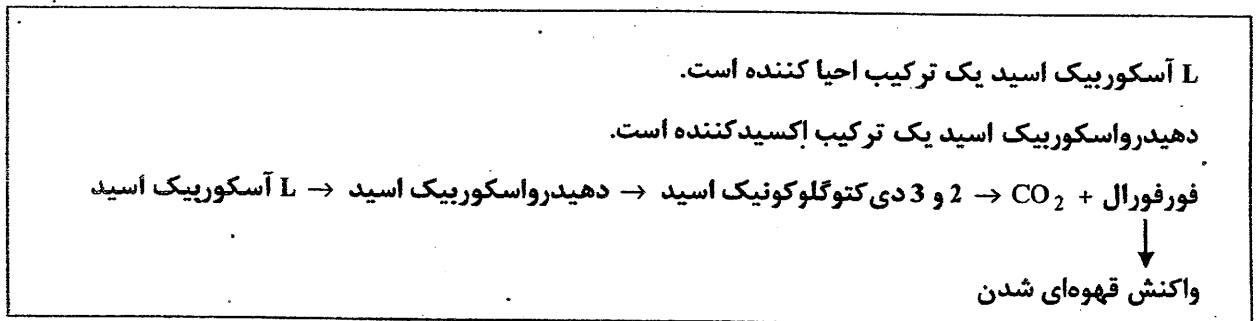
B: اکسیداسیون ویتامین C

هنگام نگهداری آب مرکبات، پس از مدتی در آن‌ها نوعی تغییر رنگ مشاهده می‌شود که این واکنش هم نوعی قهوه‌ای شدن غیر

آنزیماتیک می‌باشد. این نوع قهوه‌ای شدن پس از ناپدید شدن مقدار زیادی اسکوربیک اسید رخ می‌دهد. هر چند مرحله‌ی اول وقوع آن یعنی مرحله‌ی اکسید شدن اولیه ویتامین C می‌تواند تحت اثر آنزیم اسکوربیک اسید اکسیداز رخ دهد، اما کل واکنش، یک فرآیند غیر آنزیماتیک است.

• در این واکنش L اسکوربیک اسید، اکسید شده و تبدیل به ترکیبی به نام دهیدرو اسکوربیک اسید می‌شود. در مرحله‌ی بعد این ترکیب تبدیل به 2 و 3 دی کتو گلوکونیک اسید می‌گردد و در اثر تجزیه آن دی اکسید کربن و فورفورال آزاد می‌شود که فورفورال حاصله در واکنش قهوه‌ای شدن شرکت می‌کند.

در pH بین 2 تا 3.5 سرعت این واکنش با pH نسبت عکس دارد، یعنی اگر pH بالا رود میزان اکسیداسیون کاهش می‌یابد. اما در خارج از این محدوده چنین رابطه‌ای وجود ندارد. به عنوان مثال آب پرتقال با pH برابر 3.4 اگر در سرما نگهداری شود دچار تیرگی رنگ نمی‌شود، اما آبلیمو با pH برابر 2.5 و آب گریپ فروت با pH برابر 2.9 حتی اگر با SO<sub>2</sub> محافظت شوند نیز تیره می‌شوند. در این واکنش علاوه بر pH، دمای محیط، میزان اکسیژن موجود در بسته، نفوذپذیری بسته به اکسیژن و نور، همگی دخالت دارند.



### C: کاراملیزاسیون<sup>1</sup>

اساس تولید کارامل آب گیری از قندها و پلیمریزاسیون بعدی آن‌ها است. در واقع هنگامی که قندها در معرض دمای بالاتر از نقطه‌ی ذوب خود قرار می‌گیرند، یک سری واکنش در آن‌ها رخ می‌دهد که منجر به تشکیل کارامل می‌شود. بدین ترتیب کاراملیزاسیون نوعی واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی در غیاب ترکیبات از ته است.

دمای تشکیل کارامل‌ها معمولاً خیلی بالا است. جهت تعدیل آن از کاتالیست استفاده می‌کنیم. کاتالیزورها می‌توانند هم اسیدی (سیتریک - استیک - سولفوریک) و هم قلیایی (آمونیاک) باشند.

مرحله‌ی اول کاراملیزاسیون تشکیل آنهیدرو قندها (قندهای آبگیری شده یا فورآلدئیدها) می‌باشد.

• در نتیجه آب گیری از گلوکز دو ترکیب گلوکوزان<sup>2</sup>: (1 و 2) آنهیدرو α - D گلوکز و لووگلوکوزان<sup>3</sup>: (1 و 6) آنهیدرو β - D گلوکز ایجاد می‌شود. این دو ترکیب چرخش ویژه‌ی نوری عکس هم دارند. این امکان وجود دارد که این دو ساختار مجدداً به هم متصل شده و دی ساکاریدهای برگشتی را بسازند. (مثلاً ژنتیوبیوز یا سوفروز)

<sup>1</sup> Caramelization

<sup>2</sup> Glucosan

<sup>3</sup> Levulosan

کاراملین‌اسیون ساکاروز در غیاب کاتالیزور در دمای  $200^{\circ}\text{C}$  در سه مرحله انجام می‌شود:

نکته: نقطه ذوب ساکاروز  $160^{\circ}\text{C}$  است در این دما ساکارز ذوب شده و گلوکز و فروکتوز انهدرید (لولوزان) ایجاد می‌کند.

- در مرحله‌ی اول پس از ۳۵ دقیقه حرارت دادن ساکاروز یک مولکول آب معادل 4.5% وزن خود را از دست می‌دهد و تبدیل به ایزوساکاروزان<sup>۱</sup> می‌شود.

- در مرحله‌ی بعد پس از ۵۵ دقیقه حرارت دادن، ساکارز با از دست دادن 9% وزن خود معادل 2 مولکول آب ماده‌ای تلخ‌مزه با نقطه‌ی ذوب  $38^{\circ}\text{C}$  به نام کاراملان<sup>۲</sup> تشکیل می‌دهد که هم در آب و هم در اتانول محلول است.

- در مرحله‌ی سوم پس از ۵۵ دقیقه حرارت‌دهی دیگر 14% وزن ساکاروز معادل 8 مولکول آب از هر سه مولکول ساکاروز خارج می‌شود و در نتیجه ترکیب محلول در آبی به نام کاراملن<sup>۳</sup> به وجود می‌آید. این ترکیب همان کارامل واقعی است و نقطه ذوب آن  $154^{\circ}\text{C}$  است.

هرگاه حرارت دادن برای زمان‌های طولانی ادامه یابد ترکیب تلخ‌مزه‌ی نامحلولی به نام کاراملین<sup>۴</sup> (هیومین) تشکیل می‌شود. این ترکیب قابلیت انحلال کمی دارد.

فرآیند تولید رنگ در کارامل با فرآیند ایجاد طعم در این فرآورده متفاوت است.

طعم کارامل ناشی از ترکیبات تجزیه‌ای قندها مثل دی‌استیل، اسید استیک و به ویژه استیل فورموئین و 4 هیدروکسی دی‌متیل فورانون می‌باشد.

سرعت واکنش در  $\text{pH}=8$ ، 10 برابر سریع‌تر از  $\text{pH}=5.9$  است که این امر اهمیت  $\text{pH}$  را در تشکیل این رنگدانه‌ها نشان می‌دهد. کارامل بار مثبت یا منفی دارد، انتخاب کاراملی با بار صحیح بسیار حایز اهمیت است. زیرا انتخاب بار نادرست سبب ته‌نشین شدن کارامل در محصول می‌شود.

- به‌عنوان مثال کارامل نوشابه‌سازی باید بار منفی داشته باشد. (در نوشابه‌های کولا، کارامل به کار می‌برند). در این حالت کارامل با فسفات‌های موجود در نوشابه واکنش نداده و ته‌نشین نمی‌شوند. اما کارامل‌های فریزی یا کارامل‌های صنایع پخت بار مثبت دارند. (کارامل‌های دارای بار مثبت را در صنعت با آمونیاک ایجاد می‌کنند).

- میزان نیترژن موجود در کارامل‌های رنگ ساز باید در حداقل خود باشد، زیرا در غیر این‌صورت ترکیب مشکوک به سرطان‌زایی موسوم به N-4- متیل ایمیدازول تشکیل می‌شود.

<sup>1</sup> Isosaccharosan

<sup>2</sup> Caramelan

<sup>3</sup> Caramelen

<sup>4</sup> Caramelin

## تست‌های فصل هشتم

- ۱ - اسید آمینه‌ای که در مایلارد بیش از دیگران آسیب می‌بیند؟  
 (۱) سیستئین (۲) گلیسین (۳) متیونین (۴) لیزین
- ۲ - پیگمان ملانوییدین در نتیجه کدام یک حاصل می‌شود؟  
 (۱) واکنش آنزیمی (۲) کاراملیزاسیون قندها (۳) واکنش قند و آمین (۴) واکنش حرارتی قند و کربوکسیل
- ۳ - کدام واکنش منجر به تشکیل ترکیب‌های طعم دهنده و بو دار می‌شود؟  
 (۱) آمادوری (۲) تجزیه استریکر (۳) گلیکوزیل آمین استخلافی ازت (۴) آمینوآکسی آلفا فروکتوپیرانوز
- ۴ - استریکر از واکنش‌های :  
 (۱) مهم ترکیبات لیپیدی بوده و در تند شدن آن‌ها نقش مهمی دارد.  
 (۲) صورت گرفته بین قندها و ترکیبات اکسید کننده است.  
 (۳) قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی بوده و در خواص ارگانولپتیکی مواد غذایی حائز اهمیت می‌باشد.  
 (۴) موثر در بافت مواد غذایی است که در طول آن ترکیباتی با وزن مولکولی زیاد ایجاد می‌نماید.
- ۵ - PH مطلوب برای تولید ترکیبات عطر و طعم‌دار در واکنش مایلارد کدام است؟  
 (۱) اسیدی (۲) قلیایی (۳) خنثی (۴) اسیدی و قلیایی
- ۶ - برای انجام واکنش استریکر کدام ترکیب ضروری است؟  
 (۱) اسیده‌های آمینه وردوکتون‌ها (۲) آلدئیدها و آمین‌ها (۳) ترکیبات آلفا دی کربونیل (۴) گزانتان اکسیداز
- ۷ - کدام آنزیم در جلوگیری از قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی دخالت دارد؟  
 (۱) گلوکز ایزومراز (۲) گلوکز اکسیداز (۳) اینورتاز (۴) گزانتان اکسیداز
- ۸ - در شرایط یکسان محیطی در کدام واکنش ملانوییدین بیش تری تولید می‌شود؟  
 (۱) واکنش گزیلوز با گلیسین (۲) واکنش گالاکتوز با گلیسین (۳) واکنش گلوکز با گلیسین (۴) واکنش مانوز با گلیسین
- ۹ - سرعت قهوه‌ای شدن در کدام فعالیت آب بیشینه است؟  
 (۱) ۰/۲ (۲) ۰/۱۵ (۳) ۰/۷ (۴) ۰/۹
- ۱۰ - تغییر آرایش آمادوری در کدام مورد است؟  
 (۱) احیا گلوکز (۲) اکسیداسیون گلوکز (۳) قهوه‌ای شدن آنزیمی (۴) قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی
- ۱۱ - واکنش قهوه‌ای شدن مایلارد طی خشک کردن در دامنه چند درصد رطوبت با بیش‌ترین سرعت انجام می‌شود.  
 (۱) کم‌تر از ۲۰ (۲) ۱۰ تا ۱۵ (۳) ۱۵ تا ۲۰ (۴) ۲۰ تا ۳۰
- ۱۲ - کدام اسید آمینه نسبت به واکنش مایلارد بیش تر حساس است؟  
 (۱) سیستئین (۲) گلیسین (۳) متیونین (۴) لیزین
- ۱۳ - ملانوییدین‌ها در کدام واکنش تشکیل می‌شوند؟  
 (۱) اکسیداسیون قندهای احیا کننده (۲) پلیمری شدن ترکیب‌های کینونی (۳) واکنش مایلارد (۴) پلیمری شدن ترکیب‌های فنولی
- ۱۴ - ترکیب آمادوری کدام است؟  
 (۱) ۲ - آمینو - ۲ - داکی آلدوز (۲) ۱ آمینو ۱ داکی ۲ فروکتوز (۳) مشتق ۱ و ۲ ان آمینو آلدوز (۴) ۳ داکی اوسلوز
- ۱۵ - گلوکز آن طی کدام واکنش تولید می‌گردد؟  
 (۱) اکسیداسیون گلوکز (۲) تجزیه حرارتی گلوکز (۳) تجزیه حرارتی گلوکز در محیط قلیایی

## پاسخنامه تست‌های فصل اول

- ۱ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۲ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۳ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۴ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۵ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۶ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۷ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۸ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۹ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۱۰ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۱ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۱۲ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۳ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۱۴ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۱۵ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.

## فصل نهم

### آب

آب  $\frac{2}{3}$  وزن بدن انسان را تشکیل می‌دهد. موجودات زنده دیگر نیز مقادیر زیادی آب در بافت خود ذخیره کرده‌اند که کم‌ترین آن ۶۵٪ و حداکثر تا ۹۵٪ بافت بدن آن‌ها خواهد بود.

مقدار آب در بعضی از مواد غذایی به شرح زیر است:

۸۷٪	پرتقال	۹۵٪	کاهو	۹۳٪	هندوانه	۹۴٪	گوجه‌فرنگی
۱۲٪	آرد گندم	۲۵٪	نان سفید	۸۷/۵٪	شیر	۸۷٪	آب سیب
۰٪	شورتیننگ	۲٪	آب‌نبات	۳/۵٪	شیر خشک	۱۶٪	کره

سبزیجات همواره بیش‌ترین مقدار آب را دارند.

منابع اصلی تأمین آب بدن، غذاها و نوشیدنی‌ها می‌باشند، هم‌چنین در حین اکسایش مواد غذایی نیز مقداری آب تولید می‌شود. آب باران خالص‌ترین شکل آب در طبیعت است. اصولاً آب‌های طبیعی دارای مقادیری املاح و خصوصاً یون کلسیم ( $Ca^{2+}$ ) می‌باشد. به آب محتوی یون کلسیم، منیزیم و آهن، آب سخت گفته می‌شود.

**سختی بر دو نوع است:**

#### ۱- سختی دائم:

به طور عمده ناشی از وجود املاح سولفات کلسیم، منیزیم یا آهن در آب می‌باشد. این نوع سختی همواره در آب به‌صورت محلول وجود دارد و با حرارت دادن از آب خارج نمی‌شود.

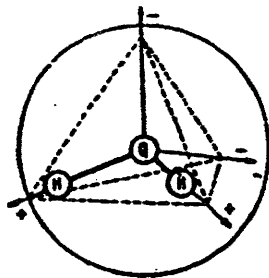
#### ۲- سختی موقت:

ناشی از بی‌کربنات کلسیم و یا منیزیم است که در حین حرارت دادن تبدیل به فرم کربنات شده و رسوب می‌کند.

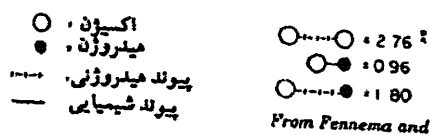
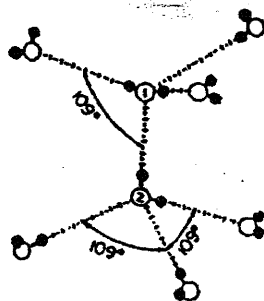
تشکیل رسوب کربنات کلسیم ناشی از آب‌های دارای سختی موقت در دیگ‌های بخار بسیار مضر است. زیرا رسوب این املاح بر روی جداره داخلی دیگ‌های بخار با توجه به نارسا بودن آن‌ها سبب کاهش راندمان سوخت و استهلاک زیاد دستگاه‌ها می‌شود. برای برطرف کردن سختی موقتی می‌توان به آب، شیر آهک  $\text{Ca(OH)}_2$  یا کربنات سدیم اضافه کرد. به وسیله افزودن کربنات سدیم یا فسفات سدیم به آب سختی دائم نیز برطرف می‌شود. البته عموماً در کارخانه‌جات جهت برطرف کردن سختی آب از رزین‌های تعویض یونی استفاده می‌شود. در این تانک‌ها سدیم که سختی‌زا نیست جایگزین کلسیم، منیزیم و آهن می‌گردد.

### ساختمان آب:

مولکول آب از ۲ اتم هیدروژن و ۱ اتم اکسیژن تشکیل شده که این اتمها تحت زاویه  $104.5^\circ$  آرایش پیدا کرده‌اند. به این ترتیب مولکول آب به صورت کره‌ای چهار وجهی است که اتم اکسیژن در مرکز چهار قطبی قرار دارد و دو بار منفی و دو بار مثبت زوایای چهار قطبی را تشکیل می‌دهند. به این صورت اکسیژن می‌تواند با دو مولکول آب و هر هیدروژن با یک مولکول آب پیوند هیدروژنی برقرار کند مولکول آب از نظر الکتریکی حالت متعادل ندارد، یعنی در سمت اکسیژن بار منفی و در سمت اتم‌های هیدروژن مقداری بار مثبت وجود دارد. بنابراین مولکول آب حالت قطبی دارد و این حالت باعث ایجاد پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب می‌شود.



ساختار مولکول آب



شکل ۹-۱: آرایش زوایای پیوندی و پیوندهای هیدروژنی در یخ

آب مایعی بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه می‌باشد که در فشار 760 mm/Hg در دمای  $100^\circ\text{C}$  می‌جوشد و در صفر درجه سانتیگراد یخ می‌زند. خواص کالریک یا گرمایی آب نسبت به دیگر هیدریدهای خانواده اکسیژن بسیار بالاست. دلیل این خواص گرمایی غیر عادی ساختمان مولکولی آب و وجود پل‌های هیدروژنی بین مولکول‌های آب می‌باشد. به همین دلیل گرمای ویژه و نهان تبخیر آب بالاست و بنابراین آب



می‌تواند به عنوان یک منبع حرارتی عمل نماید.

پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب به حرارت حساس هستند و با اعمال حرارت شکسته شده و یا سرد کردن مجدداً تشکیل می‌شوند در  $180^{\circ}\text{C}$  - تمام پیوندهای هیدروژنی ممکن تشکیل می‌شوند با اعمال حرارت و رسیدن به  $50^{\circ}\text{C}$  پیوندهای هیدروژنی از بین می‌روند، در آب جوش  $100^{\circ}\text{C}$  هنوز  $\frac{1}{3}$  پیوندهای هیدروژنی وجود دارند و در بخار  $100^{\circ}\text{C}$  تمام پیوندهای هیدروژنی شکسته شده‌اند.

تغییرات فشار هوا تاثیر مستقیمی بر روی نقطه جوش آب دارد. یعنی با افزایش فشار هوا نقطه جوش آب افزایش می‌یابد.

در اتوکلاو و در دیگ‌های زودپز خانگی از این خاصیت استفاده می‌شود.

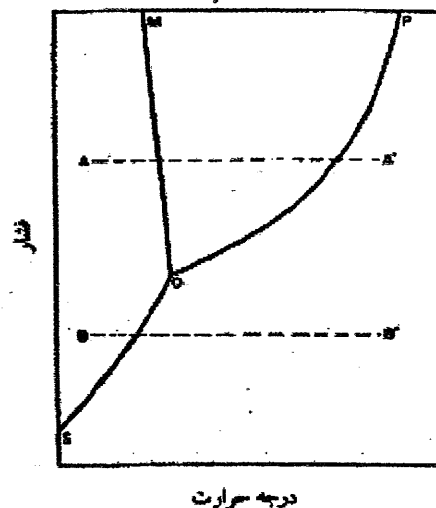
هم‌چنین با کاهش فشار هوا نقطه جوش آب کاهش می‌یابد. از این خاصیت در اواپراتورها جهت کاهش دمای تبخیر آب و کاهش صدمات حرارتی و کاهش هزینه فرآیند به جهت مصرف بخار کم‌تر استفاده می‌شود.

مواد حل شده نیز روی نقطه جوش آب تاثیر مستقیم دارند و سبب افزایش آن می‌شوند، به همین ترتیب مواد حل شده سبب کاهش نقطه انجماد نیز می‌گردند.

به طور خلاصه هرچه میزان مواد حل شده افزایش یابد، نقطه انجماد کاهش و نقطه جوش آب افزایش می‌یابد.

### نمودار فازهای آب:

نمودار فازهای آب وابستگی بین فشار بخار آب و درجه حرارت و شرایطی را که آب به طور هم‌زمان در فازهای مختلف دارد، نشان می‌دهد.



درجه حرارت

شکل ۲-۹: نمودار فازهای آب. OM منحنی ذوب؛ OP منحنی تبخیر؛ OS منحنی تصعید O، نقطه سه‌گانه است که در آن کلیه فازها در حالت تعادل با یکدیگر می‌باشند

OM: نمایان‌گر تعادل در سیستم جامد - مایع

OP: تعادل در سیستم مایع - بخار

OS: تعادل در سیستم بخار - جامد

نقطه P بیان‌گر دمای بحرانی آب می‌باشد. درجه حرارت بحرانی دمایی است که در بالاتر از آن تحت هیچ فشاری یک گاز به مایع

تبدیل نمی‌شود. دمای بحرانی آب  $374^{\circ}\text{C}$  است.

هر نقطه‌ای در درون هر یک از این فازها نمایان‌گر یک شکل فیزیکی آب می‌باشد. اما نقاط روی هر یک از این خطها نشانگر حضور دو

فاز توأمآ کنار هم و تبدیل آنها به هم می‌باشد.

نقطه O که به نام نقطه سه گانه آب<sup>۱</sup> موسوم است، نقطه منحصر به فردی است که فقط تحت شرایط فشار 4.58 mm Hg و دمای  $+0.01^{\circ}\text{C}$  (تقریباً صفر درجه سانتی گراد) به وجود می آید.

در این نقطه خاص هر سه فاز آب، یعنی یخ، آب و بخار به صورت توأم در کنار یکدیگر قرار دارند. بنابراین هر گاه فشار هوای اطراف یخ یا ماده غذایی منجمد شده را به زیر 4.58 mm Hg به رسانیم و آن گاه آن را حرارت دهیم، یخ مستقیماً به فرم بخار درآمده یا به عبارتی تصعید می شود.

این روش اساس خشک کردن تصعیدی یا انجمادی<sup>۲</sup> می باشد. در این روش ابتدا ماده غذایی را منجمد می نمایند و در نتیجه کریستال های یخ به وجود می آید. سپس در فشاری حدود 4.58 mm Hg آن را تا حدی گرم می کنند و یخ را مستقیماً به بخار تبدیل می کنند. (تصعید می کنند). در نتیجه عطر و طعم ماده غذایی کاملاً حفظ می شود.

### فعالیت آبی<sup>۳</sup> ( $a_w$ ):

فعالیت آبی معیاری از آب قابل استفاده در یک سیستم برای واکنش های بیولوژیکی و شیمیایی است.

$$a_w = \frac{P}{P_0} = \frac{\text{فشار بخار ماده غذایی در دمای ثابت}}{\text{فشار بخار آب خالص در همان دما}}$$

$$a_w = \frac{N_{H_2O}}{N_s + N_{H_2O}}$$

$$0 \leq a_w \leq 1$$

طبق قانون راولت فعالیت آبی یک محلول، نسبت معکوس با تعداد مول های حل شده در آن دارد. افزایش غلظت مواد حل شده، افزودن کلونیدهای آب دوست مثل ژل ها و یا فرآیندهای کاهش دهنده آب محصولات مثل انجماد یا خشک کردن، سبب کاهش  $a_w$  آن محصول می شود.

فعالیت آبی هم چنین با رطوبت نسبی هوای اطراف نیز رابطه دارد. این فرمول آسان ترین روش اندازه گیری فعالیت آبی

( $a_w$ ) می باشد.

چنانکه یک ماده در معرض هوا قرار جدا، بسته به محتوای رطوبتی خود به هوا رطوبت می دهد و یا از آن رطوبت می گیرد. تا این که پس از مدتی با هوا به تعادل رطوبتی خواهد رسید. یعنی حالتی که محصول نه رطوبتی به هوا می دهد، نه از آن رطوبتی می گیرد. این حالت به محتوای رطوبتی هوا، رطوبت نسبی متعادل (ERH) می گویند. محتوی رطوبتی محصول را در این حالت محتوای رطوبتی متعادل (EMC) می نامند.

در یک میزان رطوبت ثابت با افزایش دما ERH افزایش می یابد.

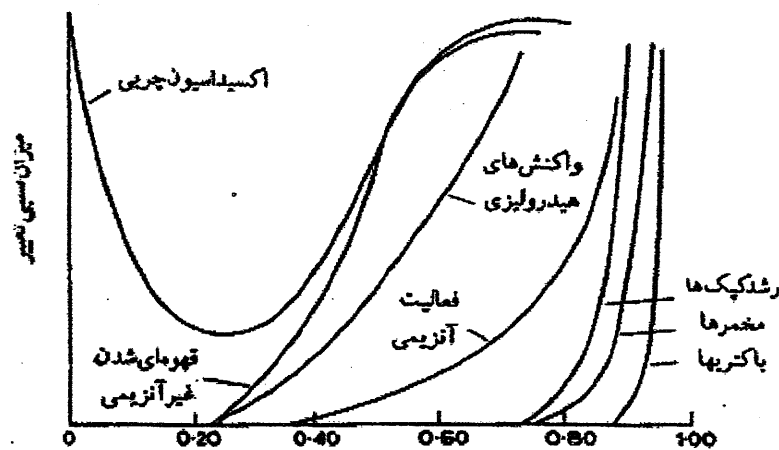
EMC = Equilibrium Moisture Content  
ERH = Equilibrium Relative Humidity

1. Trippe Point
2. Freeze Drying
3. Water Activity

اصولاً برای هر یک از واکنش‌های بیولوژیکی، شیمیایی و آنزیمی یک حداقل  $a_w$  وجود دارد که در کمتر از آن این واکنش‌ها متوقف می‌شوند. حداقل  $a_w$  لازم برای فعالیت برخی از میکروارگانیسم‌ها به شرح زیر است:

نوع میکروارگانیسم	حداقل $a_w$ لازم برای فعالیت
باکتری‌های معمولی	0.9
مخمرهای معمولی	0.88
کپک‌های معمولی	0.80
باکتری‌های نمک دوست	0.75
کپک‌های خشکی دوست	0.65
مخمر اسموفیل	0.60

بنابراین مشخص می‌شود که با کاهش  $a_w$  به مقادیر زیر 0.6 فساد میکروارگانیسمی به طور مطلق متوقف می‌شود.



شکل ۹-۷: فعالیت آب اثر فعالیت آب بر پایداری ماده غذایی

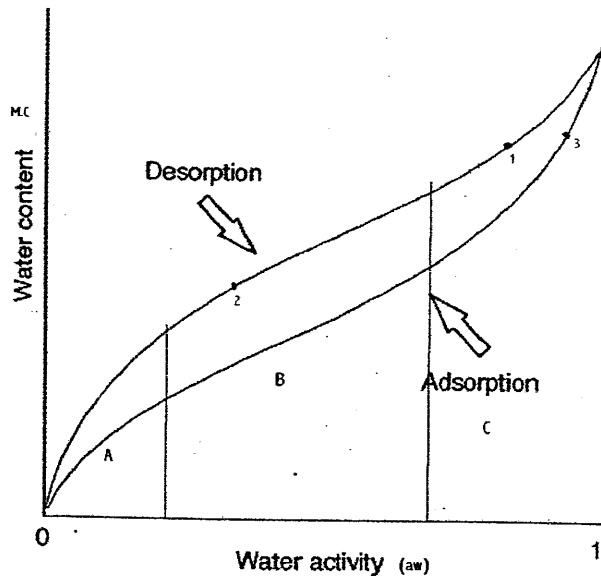
فعالیت اکثر آنزیم‌ها در  $a_w$  کمتر از 0.85 متوقف می‌شود. البته در این رابطه لیپاز یک آنزیم استثنائی است که کاهش  $a_w$  را تا مقادیر  $a_w = 0.1-0.3$  نیز تحمل می‌کند.

واکنش میلارد در  $a_w$  بین 0.6-0.7 یا محتوای رطوبتی 15-20% محصول در حداکثر خود است.

واکنش اتواکسیداسیون در  $a_w < 0.2$  (لایه BET) ماکزیمم سرعت خود را داراست و از شدت این واکنش کاسته می‌شود. سپس با افزایش بیش‌تر  $a_w$  واکنش اتواکسیداسیون مجدداً با سرعت زیادی انجام می‌پذیرد.

بنابراین به سادگی قابل ملاحظه است که مواد غذایی با فعالیت آبی بین  $a_w = 0.2-0.4$  بیش‌ترین پایداری را در مقابل تمام عوامل فساد دارا می‌باشند.

منحنی ایزوترم یا هم دما:



شکل ۴-۹: منحنی جذب و دفع آب

هم دما یا ایزوترم، منحنی است که در رطوبت مشخص شده، رابطه تعادلی بین مقدار آب جذب شده توسط اجزای غذا و فشار بخار یا  $a_w$  را توصیف می‌کند.

بسته به این که در راه رسیدن به تعادل  $a_w$  بین محتوای رطوبت و محصول، آب توسط ماده غذایی جذب شود یا از دست داده شود، منحنی‌های هم‌دمای جذب یا دفع به دست می‌آید. هنگامی که یک ماده غذایی تا یک میزان  $a_w$  مشخص خشک شود، در مقایسه با زمانی که ماده غذایی کاملاً خشک شده و سپس در معرض جذب آب مجدد قرار گیرد تا به همان  $a_w$  برسد، منحنی جذب و دفع یکسانی ندارد یا به عبارتی این دو منحنی بر هم منطبق نیستند. همواره منحنی هم‌دمای دفع، اندکی بالاتر از هم‌دمای جذب قرار می‌گیرد، این موضوع نشان می‌دهد که فرآیند جذب و دفع برگشت پذیر نبوده و یا به عبارتی در حین خشک کردن ماده غذایی یک‌سری تغییرات غیر قابل برگشت در ماده غذایی ایجاد خواهد شد. این فاصله یا اختلاف که بین دو منحنی قرار می‌گیرد، تشکیل یک حلقه را می‌دهد که از آن تحت عنوان حلقه هیسترسیس<sup>۱</sup> نام برده می‌شود.

هرچه قطر این حلقه بیش‌تر باشد، نشانه بدتر بودن شرایط خشک کردن می‌باشد و به عکس نزدیک بودن این دو منحنی به هم نشان دهنده شرایط مطلوب خشک کردن است.

مکان ایزوترم‌های جذب و دفع بستگی به دما دارد هرچقدر دما بالاتر باشد مکان روی نمودار پایین‌تر خواهد بود. در یک محتوای رطوبتی (EMC) مشخص، فعالیت آبی برای منحنی هم‌دمای دفع، کم‌تر از منحنی هم‌دمای جذب است، هم‌چنین در یک  $a_w$  مشخص، میزان محتوای رطوبتی هم‌دمای جذب، کم‌تر از هم‌دمای دفع است. از روی منحنی‌های هم‌دما می‌توان آب موجود در ماده غذایی را به سه دسته تقسیم بندی کرد.

۱- آب تک لایه - پیوسته - Longmuir - جذبی - متصل - Adsorption Layer

۲- آب چند لایه - جذب شیمیایی بافته

۳- آب آزاد، متحرک، موئین آب کندانس

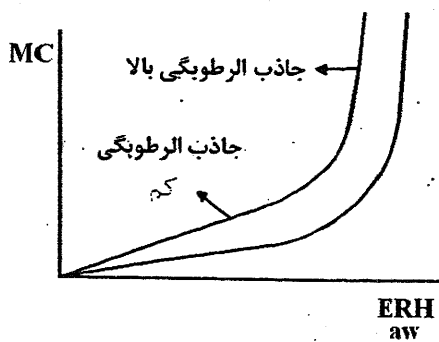
بخش مهمی از آب در ماده غذایی متصل به عوامل هیدروکسیل پلی ساکاریدها یا گروه‌های آمین و کربوکسیل در پروتئین‌ها از طریق پیوند هیدروژنی می‌باشد. وقتی که تمام نقاط موجود دارای قابلیت ایجاد این پیوند توسط آب اشغال شدند، میزان رطوبت حاصله مقدار آب تک لایه نامیده می‌شود.

به طور کلی مقدار رطوبت تک لایه یا BET مقدار رطوبتی است که در آن ماده غذایی پایدارترین شکل خود را دارا می‌باشد. آب پیوسته آبی است که در درجه حرارت‌هایی تا  $20^{\circ}\text{C}$  - منجمد نشده باقی می‌ماند و همچنین این آب نمی‌تواند به عنوان حلال به کار رود. میزان آب تک لایه یا آب غیر قابل انجماد بستگی به میزان پروتئین ماده غذایی دارد. به ازای هریک گرم ماده پروتئین در حدود  $0.4$  گرم آب پیوسته در نظر گرفته می‌شود. میزان آب تک لایه برای بافت‌های حیوانی بین  $10 - 8$  درصد، در سبزی‌ها کم‌تر از  $6$  درصد و در دانه کامل ذرت  $34$  درصد می‌باشد.

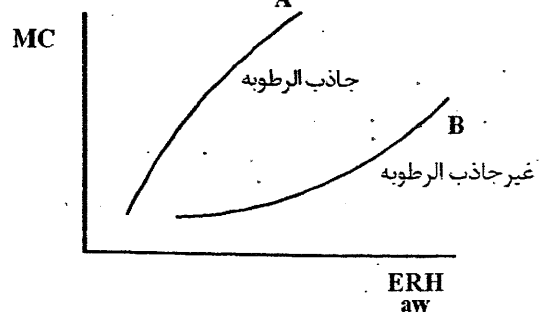
در هنگام خشک کردن ماده غذایی نباید به مقادیر رطوبتی محدوده BET وارد شد. زیرا در این صورت بافت ماده غذایی دچار تغییرات برگشت ناپذیر خواهد شد. به عنوان مثال در این ناحیه فرآیند اتواکسیداسیون بسیار سریع می‌باشد.

لایه‌های آب در قسمت چند لایه دارای اتصالات هیدروژنی با هم هستند. لایه آب آزاد تمام خصوصیات آب معمولی را دارا می‌باشد، ولی به سبب وجود مواد حل شده در آن فشار بخار آن پایین‌تر از آب خالص است. این آب به سهولت منجمد می‌شود و نیز به سادگی در دسترس میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرد. آب آزاد آبی است که در ساختمان‌های موئین ماده غذایی کنده شده و یا در سلول‌های ماده غذایی به صورت مکانیکی گرفتار گردیده است. هر چه قطر لوله‌های موئین در یک ماده غذایی بالاتر باشد،  $a_w$  آن بالاتر و فشار لازم برای خارج کردن آب موجود در آن کم‌تر می‌باشد. جهت تعیین آب آزاد و پیوسته می‌توان از فشردن ماده غذایی بین کاغذ صافی و یا میزان رقیق شدن ماده رنگی و یا سانتیفریوژ و یا NMR طیف رزونانس مغناطیسی هسته استفاده کرد.

در منابع قدیمی‌تر میزان کل آب ماده غذایی (آب تام) به دو قسمت آب پیوسته (Bond water) و آب آزاد (Free water) تقسیم می‌شود. به این ترتیب خوش‌مزه و لذیذ بودن و آب‌دارتر بودن یک ماده غذایی بستگی به آب آزاد Free water دارد. غالباً ایزوترم جذب را برای مطالعه فرآورده‌های جاذب الرطوبه یا هیگروسکوپیک و ایزوترم دفع را برای بررسی فرآیند خشک کردن مطالعه می‌کنند.



شکل ۶-۹: منحنی جذب آب مواد غذایی با قند و نمک بالا



شکل ۹-۵: منحنی مواد جاذب الرطوبه و غیر جاذب الرطوبه

منحنی A که شیب تندی دارد نشان دهنده یک ماده جاذب الرطوبه می‌باشد. یعنی موادی که وقتی ERH محیط به مقدار کمی افزایش یابد، محتوای رطوبتی یا EMC آن‌ها به مقدار زیادی بالا می‌رود.

منحنی B یک محصول بی‌تفاوت نسبت به رطوبت یا غیر جاذب الرطوبه است، به این معنی که افزایش رطوبت نسبی محیط تاثیر چندانی در محتوای رطوبتی این محصول نمی‌گذارد.

شکل ۹ نمایانگر محصولی است که خاصیت جذب موئینگی کمی دارد. یعنی حاوی شکر و نمک بالایی می‌باشد. در این مواد غذایی شیب منحنی در  $a_w$  پایین، کم است. اما شیب منحنی در  $a_w$  بالا به طور سریع افزایش می‌یابد. یعنی میزان رطوبت ماده غذایی به یکباره افزایش می‌یابد.

از آنجایی که محصولات جاذب الرطوبه قبل از رسیدن به شرایط رطوبتی محیطی به منطقه بحرانی رطوبت خود می‌رسند، چنین غذاهایی را باید در ظروف شیشه‌ای نفوذ ناپذیر به رطوبت یا پلاستیک غیر قابل نفوذ به رطوبت مثل P.V.C ضخیم بسته بندی کرد. یعنی بسته بندی مانع جذب رطوبت توسط ماده غذایی از هوا گردد.

برخی از محصولات جاذب الرطوبه نیستند و در شرایط معمولی نگهداری واکنش نامطلوبی در آن‌ها رخ نمی‌دهد. این نوع محصولات را می‌توان در ظروف پلی‌اتیلن بسته بندی کرد.

دسته دیگری از مواد غذایی وجود دارند که رطوبت نسبی تعادلی آن‌ها بالای شرایط رطوبت معمولی هوا است. بنابراین برای این دسته از مواد غذایی بسته بندی به عنوان یک عامل محافظت کننده در برابر از دست دادن رطوبت عمل می‌کند. پنیرهای فرآیند شده یا فرآورده‌های نانوائی جزء این دسته هستند.

### انجماد:

تبدیل یک مایع به حالت بلور همیشه در نقطه انجماد آن شروع نمی‌شود. بلکه بلورها در دمای پایین‌تری به نام دمای بحرانی هسته‌دار شدن<sup>۱</sup> شروع به پدید آمدن می‌کنند. این حالت را **فرا سرمايش**<sup>۲</sup> می‌نامند. آب فوق سرد آبی است که تا دمای زیر صفر سرد شده ولی حالت مایع دارد و بسیار ناپایدار است و با کوچک‌ترین حرکت یا افزودن ذره‌ای به آن دمایش افزایش پیدا کرده و به صفر درجه سانتی‌گراد می‌رسد و به یخ تبدیل می‌شود. جهت تشکیل بلورهای یخ وجود هسته‌های اولیه لازم است. هسته بلور تجمع مولکول‌هایی است که ممکن است رشد کنند و بلور بزرگتری را تشکیل دهند.

برای تشکیل هسته بلور دو مکانیزم در نظر گرفته شده است.

### (۱) هسته دار شدن همگون<sup>۳</sup>:

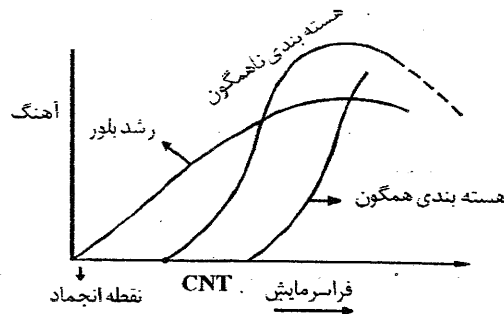
نتیجه نوسانات تصادفی دانسیته و وضعیت فضایی مولکول‌های آب می‌باشد. به عبارت دیگر هسته‌دار شدن همگون از تجمع تصادفی مولکول‌های آب در آرایش یخ تشکیل می‌گردد. معمولاً احتمال هسته‌دار شدن همگون بسیار کم است، مگر آن که فوق سرما به دماهای بسیار پایین برسد.

### (۲) هسته‌دار شدن ناهمگون<sup>۴</sup>:

در این حالت ذرات کوچک جامد به عنوان هسته بلور عمل می‌کنند که بلور در اطراف آن‌ها رشد می‌کند. به عبارت دیگر هسته‌دار شدن ناهمگون عبارتست از جذب مولکول‌های حل شده بر سطح مواد جامد. احتمال هسته‌دار شدن ناهمگون در نزدیک نقطه انجماد (یعنی در دمایی بالاتر از CNT و پایین‌تر از دمای انجماد) ضعیف است. رشد بلور بر خلاف هسته‌دار شدن در دمای نزدیک نقطه انجماد به آسانی صورت می‌گیرد و با کاهش دما رشد بلور کاهش می‌یابد.

1. CNT = Critical Nucleation Temperature
2. Supercooling
3. Homogenous - nucleation
4. Heterogenous nucleation

به این ترتیب در دماهای خیلی پایین تر از نقطه انجماد (سوپر کول بالا) هسته‌های بلور زیادی تشکیل می‌شوند. اما سرعت رشد بلور کم است. بنابراین تعداد زیادی بلور یخ با ابعاد کوچک تشکیل می‌شوند. اما در دمای نزدیک نقطه انجماد هسته‌های کمی شکل می‌گیرند. ولی سرعت رشد بلور بالاست. پس تعداد کمی بلور تشکیل می‌شوند که ابعاد درشت و خشنی دارند.



شکل ۷-۹. منحنی هسته‌بندی و رشد بلورهای یخ

فرآیند هم‌زدن هسته دار شدن را تقویت می‌کند و به این ترتیب اندازه بلور کاهش می‌یابد. هر گاه سرعت انجماد آب بسیار زیاد باشد در این صورت به دمای معینی خواهیم رسید که در آن بلور تشکیل نمی‌شود. بلکه ساختاری آمورف یا بی‌شکل (شیشه‌ای) تشکیل می‌شود. به این دما، دمای تغییر شکل شیشه‌ای<sup>۱</sup> می‌گویند که در مورد آب حدود  $-130^{\circ}\text{C}$  است. به این ترتیب هسته‌ها در حد فاصل دمای بین CNT و دمای تغییر شکل شیشه‌ای تشکیل می‌شوند. در دمای پایین تر از دمای تغییر شکل شیشه‌ای تشکیل بلور، رشد بلور و نیز پدیده کریستالیزاسیون مجدد رخ نمی‌دهند. کریستالیزاسیون مجدد<sup>۲</sup> به هر گونه تغییر در شکل، اندازه و آرایش بلورهایی یخ در طی نگهداری به صورت منجمد گفته می‌شود که یکی از عوامل موثر در کاهش کیفیت محصولات غذایی منجمد شده می‌باشد. بیش‌ترین دانسیته آب در  $4^{\circ}\text{C}$  می‌باشد. اما به واسطه انجماد به دلیل افزایش پیوندهای هیدروژنی و تشکیل یک ساختار شش گوشه حجم آن افزایش یافته و در نتیجه دانسیته آن کاهش می‌یابد. وقتی آب یخ می‌زند تقریباً 9٪ منبسط می‌شود، تغییرات حجم غذا در حین انجماد توسط میزان آب و غلظت مواد حل شونده معین می‌شود. محلول ساکارز با غلظت خیلی بالا منبسط نمی‌شود.

جدول تغییرات حجم آب و ساکارز محلول در جریان انجماد

افزایش حجم ضمن تغییر دما از $70^{\circ}\text{F}$ تا $0^{\circ}\text{F}$ (%)	ساکارز (%)
8.6	0
8.7	10
8.2	20
6.3	30
5.1	40
3.9	50
هیچ	60
-1.0 (کاهش)	70

## تست‌های فصل نهم

- مناسب‌ترین رطوبت و  $a_w$  برای واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی چیست؟
  - $a_w > 0.8$  و  $Mc = 85\%$  (۱)
  - $a_w = 0/6-0/7$  و  $Mc = 15-20\%$  (۲)
  - $a_w = 0/4$  و  $Mc = 6\%$  (۳)
  - $a_w = 0/2-0/4$  و  $Mc = 40\%$  (۴)
- مهم‌ترین عامل نگهداری آب در گوشت کدام جزء است؟
  - پروتئین‌های محلول (۱)
  - پروتئین‌های میوفیبریلی (۲)
  - پروتئین‌های بافت همبند (۳)
  - کربوهیدرات‌ها (۴)
- مهم‌ترین عامل کاهش ظرفیت نگهداری آب طی جمود نعشی چیست؟
  - کاهش ATP (۱)
  - کاهش pH (۲)
  - افزایش pH (۳)
  - کاهش پروتئین‌ها (۴)
- در معادله BET  $\frac{a}{(1-a)V} = \frac{1}{V_m c} + \frac{a(c-1)}{V_m c}$  شیب منحنی که بر اساس آن مقدار تک لایه محاسبه می‌شود، کدام است؟
  - $\frac{C-1}{V_m C}$  (۱)
  - $\frac{a}{(1-a)V}$  (۲)
  - $\frac{1}{CV_m}$  (۳)
  - $\frac{a(C-1)}{V_m C}$  (۴)
- سرعت قهوه‌ای شدن در کدام فعالیت آب ماکزیمم است؟
  - ۰/۲ (۱)
  - ۰/۵ (۲)
  - ۰/۷ (۳)
  - ۰/۹ (۴)
- مقدار آب غیر قابل انجماد بر اساس مقدار کدام یک از مواد مغذی در کلیه مواد غذایی نسبتاً ثابت است؟
  - املاح (۱)
  - پروتئین‌ها (۲)
  - چربی (۳)
  - کربوهیدرات‌ها (۴)
- قابلیت هدایت حرارتی کدام ماده بیش‌تر است؟
  - آب (۱)
  - چربی (۲)
  - هوا (۳)
  - یخ (۴)
- ظرفیت نگهداری آب در گوشت چرخ شده در pH برابر .....
  - ۲/۵ حداقل است. (۱)
  - ۵ یعنی pH ایزوالکتریک اکتومیوزین حداقل است. (۲)
  - ۱۰ حداقل است. (۳)
  - ۵ یعنی pH ایزوالکتریک میوزین حداکثر است. (۴)
- آب متصل عبارت است از مقداری از آب موجود در غذا که .....
  - به روش NMR قابل اندازه‌گیری است. (۱)
  - با مولکول‌های آب اتصال محکم دارد و تنها در  $10^\circ C$  یخ می‌زند. (۲)
  - تنها در اثر عمل سانتریفوژ از آن خارج می‌شود. (۳)
  - در دمای  $20^\circ C$  هم غیرمنجمد باقی می‌ماند. (۴)
- میزان آب تک لایه BET در منحنی‌های هم‌دمای جذبی مواد غذایی برابر است با:
  - میزان آب ناحیه II منحنی  $\frac{1}{4}$  (۱)
  - $\frac{1}{2}$  تا  $\frac{1}{4}$  میزان آب ناحیه I منحنی (۲)
  - میزان آب ناحیه III  $\frac{1}{8}$  (۳)
  - تمامی آب ناحیه I (۴)
- کدام یون باعث سختی آب می‌گردد؟
  - $K^+$  (۱)
  - $Mg^{2+}$  (۲)
  - $Na^+$  (۳)
  - $NH_4^+$  (۴)
- منحنی هم‌دمای دفع (معرف فرآیند خشک کردن) بالای منحنی جذب قرار می‌گیرد، علت آن چیست؟
  - پلی فیسم (۱)
  - پدیده اوتکتیک (۲)
  - سینرژی (۳)
  - هیستریزس (۴)



۱۳ - فعالیت آبی در منحنی هم‌دمای جذب در یک محتوای رطوبتی ثابت، چگونه است؟

- (۱) در هنگام جذب آب بزرگ‌تر است از هنگام از دست دادن آب
- (۲) در هنگام جذب آب کوچک‌تر است از هنگام دفع آب
- (۳) چه در هنگام جذب و چه در هنگام دفع آب متغیر است.
- (۴) در هنگام جذف و دفع یکسان است.

۱۴ - در کدام تبدیل، گرما موجب کاهش سختی آب می‌شود؟

- (۱) کربنات‌ها به بی‌کربنات‌های کلسیم
- (۲) بی‌کربنات‌ها به کربنات‌های کلسیم
- (۳) سختی کربناته و غیرکربناته به سولفات کلسیم
- (۴) سختی کربناته و غیر کربناته به فسفات کلسیم

۱۵ - کدام گزینه در مورد انجماد آب صحیح است؟

- (۱) افزایش تعداد هسته‌ها باعث کوچک‌تر شدن اندازه بلورها می‌شود.
- (۲) افزایش سرعت انجماد موجب بزرگ‌تر شدن اندازه بلورها می‌شود.
- (۳) بلورهای بزرگ یخ وقتی تشکیل می‌شوند که انجماد در پایین تراز دمای بحرانی هسته‌دار شدن رخ می‌دهد.
- (۴) هم زدن می‌تواند هسته‌دار شدن را کاهش داده و اندازه بلورها کاهش می‌یابد.

### پاسخنامه تست‌های فصل نهم

- ۱ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۲ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۳ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۴ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۵ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۶ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۷ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۸ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۹ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۰ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۱ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۱۲ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۳ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۱۴ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۱۵ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.

# فصل دهم

## رنگ مواد غذایی

رنگ علاوه بر فراهم کردن ظاهری زیبا برای مواد غذایی منعکس کننده کیفیت بسیاری از اقلام غذایی می باشد. گاهی رنگ علاوه بر این که به عنوان یک عامل کیفی حضور دارد، مشخص کننده نوع محصول است. مثلاً در نوشابه‌های پرتقالی، رنگ آن‌ها بیانگر هویت محصول است.

رنگ‌های مواد غذایی یا به سبب حضور پیگمان‌های طبیعی و یا در نتیجه رنگ‌های اضافه شده می باشد. رنگدانه‌ها مواد رنگی هستند که در محصولات گیاهی و حیوانی وجود دارند.

پیگمان‌ها را می توان به ۴ گروه تقسیم کرد:

۱- ترکیبات تتراپیرولی : هموگلوبین، میوگلوبین، هم، کلروفیل و بیلین‌ها

۲- مشتقات ایزوپرنوئیدی: کاروتنوئیدها

۳- مشتقات بنزوپیرن: آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها

۴- رنگ‌های مصنوعی<sup>۱</sup> : ملانوئیدین و کارامل‌ها

۱- رنگدانه‌های تتراپیرولی

خلاصه اصطلاحات شیمیایی زیر به فهم شیمی ساختمان رنگدانه‌ها کمک می کند:

۱- پیرول<sup>۲</sup>: یکی از ۴ ترکیب حلقوی هسته پورفیرین است به عبارت دیگر واحد پایه پیگمان‌های تتراپیرولی، پیرول است.

۲- پورفین<sup>۳</sup>: اسکلت تتراپیرول مزدوج راپورفین می گویند یعنی شامل ۴ حلقه پیرول است که به وسیله ۴ پل متین (=CH-) به یکدیگر

متصل شده‌اند و به علت یک درمیان بودن پیوند دوگانه، تتراپیرول مزدوج خوانده می شود.

<sup>1</sup> Artefact

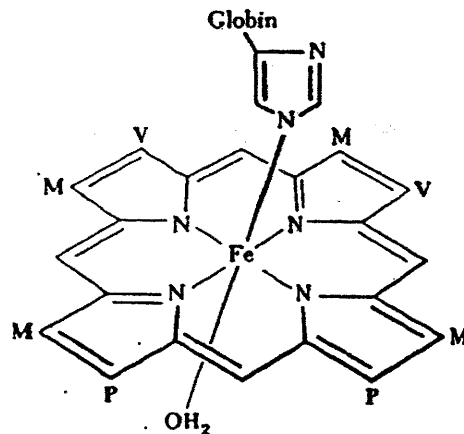
<sup>2</sup> pyrole

<sup>3</sup> prophine

۳- پورفیرین<sup>۱</sup>: ترکیب اصلی و اولیه این گروه، پورفین بوده که ممکن است با گروه‌های مختلف مثل متیل (-CH<sub>3</sub>)، اتیل (-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>) و یا وینیل (-CH=CH<sub>2</sub>) جانشین شود.

### الف) میوگلوبین<sup>۲</sup> و هموگلوبین:

رنگ گوشت ناشی از دو رنگدانه میوگلوبین و هموگلوبین است. این رنگدانه‌ها هر کدام دارای یک بخش پروتئینی یا گلوبین و یک بخش غیر پروتئینی یا (گروه پروستتیک)<sup>۳</sup> به نام هم<sup>۴</sup> می‌باشند، در هر دوی این ترکیبات (میوگلوبین و هموگلوبین) آهن به عنوان حلقه مرکزی وجود دارد.



شکل ۱- ۱۰: نمایش شماتیکی کمپلکس هم میوگلوبین. M=متیل، P=پروپیل، V=وینیل

هسته اولیه ساختمان هم که پورفین نامیده می‌شود، از چهار حلقه پیرول<sup>۵</sup> تشکیل شده که توسط گروه‌های متیل<sup>۶</sup> به هم متصل شده‌اند.

به وسیله اضافه شدن گروه‌های متیل، پروپیل و وینیل به پورفین ترکیبی تحت عنوان پروتوپورفیرین<sup>۷</sup> بوجود می‌آید.

اتم آهن چهار پیوند کئوردینانسی<sup>۸</sup> با چهار اتم ازت حلقه پیرول و یک پیوند با اتم ازت زنجیره جانبی اسیدآمینو هیستیدین موجود در ساختار گلوبین و یک پیوند با هر اتمی که دارای یک جفت الکترون آزاد داشته باشد، مثل NO, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O بر قرار می‌کند و به این ترتیب از اتصال پروتوپورفیرین و آهن ساختار هم بوجود می‌آید.

• بنابراین نوع اتمی که جفت الکترون ششم پیوند را می‌دهد و نیز وضعیت اکسیداسیون آهن و حالت فیزیکی گلوبین عوامل تعیین کننده رنگ هستند.

• وزن مولکولی بخش پروتئینی هموگلوبین چهار برابر میوگلوبین است.

وظیفه اصلی میوگلوبین ذخیره موقت اکسیژن است. اما پس از خروج خون از بدن دام ذبح شده و طبیعتاً خروج بخش اعظم هموگلوبین، میوگلوبین رنگدانه اصلی گوشت می‌شود.

<sup>1</sup> porphyrin  
<sup>2</sup> myoglobin  
<sup>3</sup> prosthetic group  
<sup>4</sup> Heme  
<sup>5</sup> pyrrole  
<sup>6</sup> Methine  
<sup>7</sup> protoporphyrin  
<sup>8</sup> coordinance

ستیوکرومها نیز پیگمان‌های قرمز دارای هم و محتوی آهن هستند.

نکته: ویتامین B<sub>12</sub> نیز دارای حلقه پورفیرین است ولی در آن به جای اتم آهن، اتم کبالت (Co) وجود دارد.

میوگلوبین<sup>۳</sup> حالت را از نظر رنگ ظاهر می‌سازد که عبارتند از: میوگلوبین، اکسی میوگلوبین<sup>۱</sup> و مت میوگلوبین<sup>۲</sup>.

• در میوگلوبین و اکسی میوگلوبین آهن به صورت Fe<sup>2+</sup> (یون فرو) است. اکسی میوگلوبین کمپلکس چند ظرفیتی میوگلوبین با آهن فرو و اکسیژن است. این عمل **اکسیژناسیون** نام دارد و تغییری در حالت اکسیداسیونی آهن رخ نمی‌دهد. نسبت این دو رنگدانه بستگی به فشار اکسیژن دارد.

نکته: علاوه بر اکسی میوگلوبین در ساختار نیتروزمیوگلوبین و کربوکسی میوگلوبین هم اتم آهن در ساختار به صورت فرو می‌باشد.

در اثر اکسیداسیون میوگلوبین و اکسی میوگلوبین، **مت میوگلوبین** به وجود می‌آید. که در آن آهن به صورت اکسید شده یعنی یون

فریک (Fe<sup>3+</sup>) است. مت میوگلوبین نمی‌تواند به اکسیژن متصل شود.

در حضور ترکیبات احیا کننده تشکیل مت میوگلوبین به تعویق می‌افتد. در بافت‌های زنده مت میوگلوبین تشکیل شده، به سرعت توسط عوامل احیا کننده مثل گلوکز تبدیل به میوگلوبین می‌گردد.

• اکسی میوگلوبین تشکیل شده در قسمت سطحی گوشت تازه که رنگ قرمز روشن دارد، حالتی مطلوب است و تحت عنوان **بloom**<sup>۳</sup> از آن نام برده می‌شود. به همین دلیل در هنگام نگهداری گوشت تازه باید از بسته‌بندی‌های نفوذ پذیر به اکسیژن استفاده شود.

در قسمت داخلی تر گوشت و درست زیر این سطح قرمز روشن لایه‌ای به ضخامت چند نانومتر وجود دارد که به صورت اکسید شده است و مت میوگلوبین می‌باشد، در زیر این لایه میوگلوبین به صورت احیا شده و در فرم میوگلوبین است.

به این ترتیب لایه‌های گوشت از سطح به عمق شامل اکسی میوگلوبین، مت میوگلوبین و میوگلوبین می‌باشد.

چرخه ترکیبات رنگی در گوشت‌های تازه قابل برگشت بوده و فعال است یعنی سه پیگمان اکسی میوگلوبین، میوگلوبین، مت میوگلوبین دائماً به یکدیگر تبدیل می‌شوند.

رشد باکتری‌ها در سطح گوشت، به ویژه در فاز لگاریتمی رشد سبب تبدیل اکسی میوگلوبین سطح گوشت به میوگلوبین و ایجاد رنگ ارغوانی می‌گردد.

در گوشت‌های عمل آوری شده از نیتريت و نیترات استفاده می‌شود. امروزه معمولاً از نیترات استفاده نمی‌شود، زیرا نیترات در طی عمل آوری ابتدا به نیتريت تبدیل می‌شود. نیتريت در گوشت تبدیل به اسید نیترو می‌شود. این ترکیب تجزیه شده و تبدیل به اکسید نیتريك می‌شود. در اثر اتصال اکسید نیتريك به آهن، رنگدانه قرمز روشن **نیتروزیل میوگلوبین** تشکیل می‌شود که رنگدانه گوشت عمل آوری شده است.

اولین واکنش نیتريت با میوگلوبین اکسیداسیون آهن به شکل فریک و تشکیل مت میوگلوبین است.

اگر به جز عمل آوری، گوشت پخته هم شود، گلوبین دناتوره شده تبدیل به رنگدانه صورتی رنگ **نیتروزیل هموکروم** می‌شود.

هم‌چنین میوگلوبین در حضور یک گروه سولفیدریل به عنوان عامل احیا کننده تبدیل به پیگمان سبز رنگی به نام **سولفومیوگلوبین**

می‌شود. اگر عامل احیا کننده ترکیبی قوی مثل آسکوربات باشد، ترکیبی به نام **کولی میوگلوبین** تشکیل می‌شود. کولی میوگلوبین به سرعت اکسید شده و گلوبین، آهن و تتراپیرول ایجاد می‌کند.

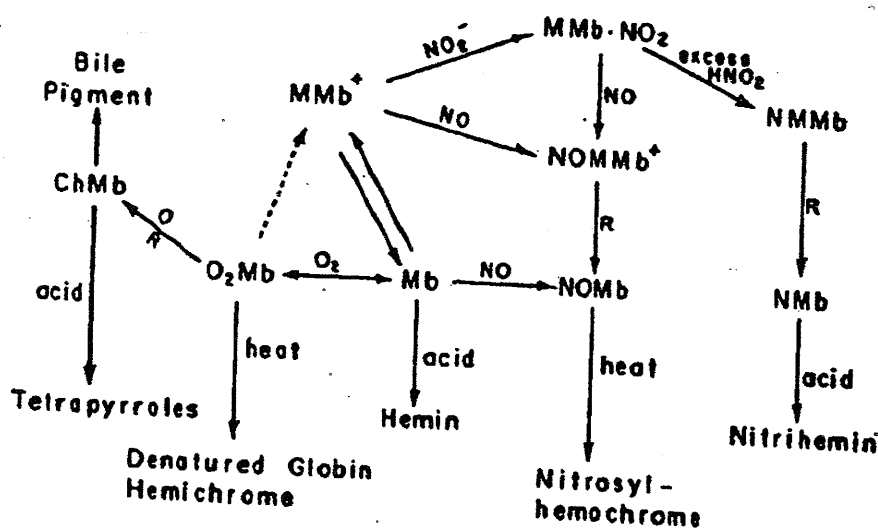
نکته: تبدیل سولفومیوگلوبین به میوگلوبین برگشت پذیر است. اما تشکیل کولی میوگلوبین برگشت ناپذیر است.

<sup>1</sup> oxymyoglobin

<sup>2</sup> metmyoglobin

<sup>3</sup> Bloom

- ۱- در هنگام ذبح: میوگلوبین (ارغوانی)
- ۲- گوشت تازه: اکسی میوگلوبین (قرمز روشن)
- ۳- گوشت پخته: همی کروم (قهوه‌ای)
- ۴- گوشت عمل آوری: نیتروز میوگلوبین (صورتی)
- ۵- گوشت پخته شده عمل آوری شده: نیتروزیل هموکروم (صورتی)
- ۶- گوشت در حضور عوامل سولفیدریل (نشانه فساد میکروبی): سولفومیوگلوبین (سبز رنگ)



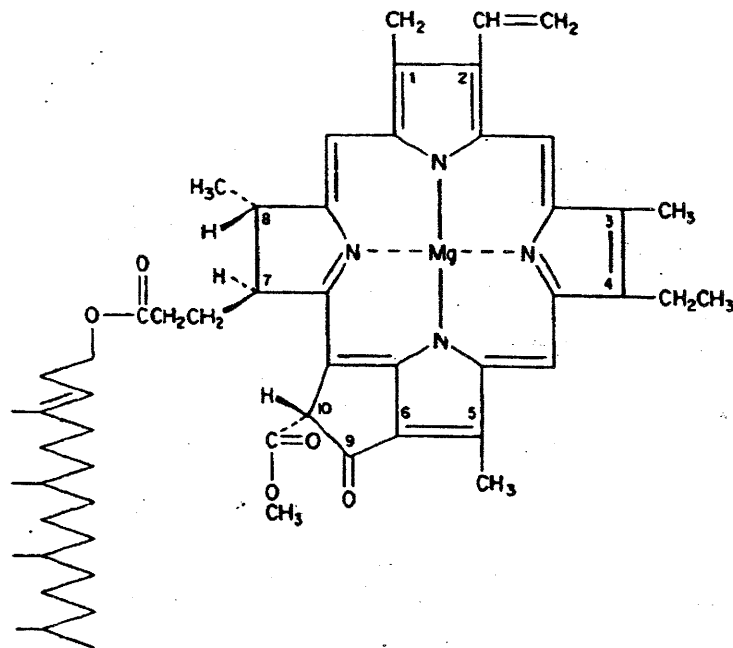
شکل ۲-۱۰: واکنش‌های پیگمنت هم در گوشت و فرآورده‌های گوشتی

### ب) کلروفیل:

پیگمان‌های سبز رنگی هستند که عامل رنگ سبز گیاهان و میوه‌های نارس می‌باشند. به تدریج هنگام رسیدن میوه‌ها کلروفیل ناپدید شده و کاروتنوئیدها جایگزین آنها می‌شوند. رنگدانه‌ای است که عامل انجام فتوسنتز در گیاهان می‌باشد و در کلروپلاست‌ها<sup>۱</sup> وجود دارد. دو نوع کلروفیل a و b وجود دارد که به نسبت ۳ به ۱ در گیاهان می‌باشند. تنها کلروفیل a نقش فتوسنتزی دارد و کلروفیل b به آن کمک می‌کند.

- در کلروفیل a بر روی کربن شماره ۳ یک گروه متیل قرار دارد ولی در کلروفیل b در این محل یک گروه آلدنیدی وجود دارد.
  - فتوفتین a در واقع همان کلروفیل a بدون منیزیم است و فتوفتین b همان کلروفیل b بدون منیزیم است.
- کلروفیل‌ها رنگدانه‌هایی تتراپیرولی هستند که در ساختار مرکزی آن‌ها اتم منیزیم وجود دارد. کلروفیل یک دی‌استراسید دی‌کربوکسیلیک (کلروفیلین) می‌باشد. در کربن شماره ۷، الکل فیتول با اسید پروپیونیک و در کربن شماره ۱۰ متانول-با اسید فرمیک استری شده است.

<sup>۱</sup> chloroplast



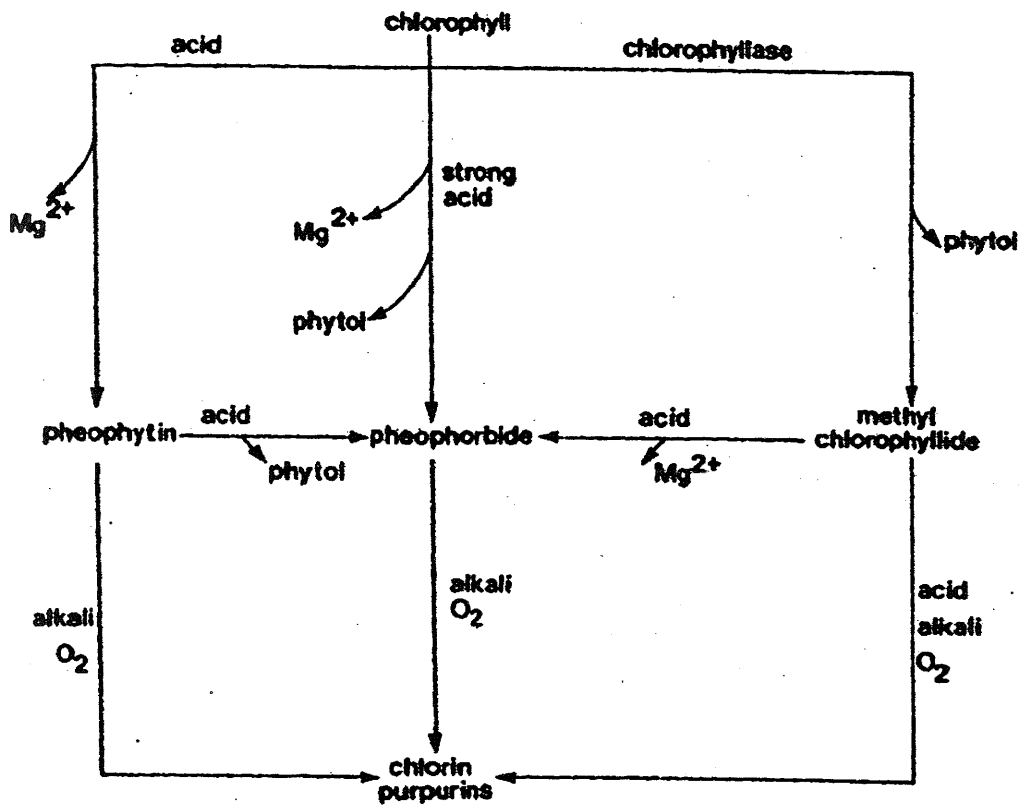
شکل ۳-۱۰: ساختمان کلروفیل a

- دلیل نامحلول بودن کلروفیل در آب همین زنجیره فیتول الکل می‌باشد. وجود عامل فیتول موجب حلالیت کلروفیل در چربی و یا حلالیت در حلال‌های چربی می‌شود.
- آنزیمی به نام کلروفیلاز (از گروه استرازاها) گروه فیتول را از کلروفیل جدا نموده و ترکیبی به نام کلروفیلید<sup>۱</sup> که در آب محلول است و دارای رنگ سبز روشن می‌باشد تشکیل می‌دهد.
- دمای اپتیمم فعالیت کلروفیلاز بین  $60-82.2^{\circ}\text{C}$  است، در دمای بالای  $80^{\circ}\text{C}$  فعالیت این آنزیم کاهش یافته و در بیش از  $100^{\circ}\text{C}$  غیر فعال می‌گردد. در برخی از سبزی‌ها مثل نخود و لوبیا این آنزیم وجود ندارد. در طی رسیدن میوه‌های سبز فعالیت این آنزیم افزایش یافته و سبب تجزیه کلروفیل می‌گردد.
- کلروفیل در شرایط قلیایی پایدار است، اما هرگاه کلروفیل در شرایط اسیدی قرار گیرد مثل ترشیجات یا آب بلانچر در اثر خارج شدن اتم منیزیوم مرکزی آن و جانشینی آن به وسیله یک اتم هیدروژن ترکیبی به نام فنوفتین<sup>۲</sup> با رنگ زیتونی به وجود می‌آید.
- در میوه‌های نارس با وجود شرایط اسیدی فنوفتینه شدن اتفاق نمی‌افتد. دلیل این امر محافظت شدن کلروفیل توسط لیپوپروتئین‌ها در مقابل شرایط اسیدی می‌باشد. اما در اثر فرآیندهای حرارتی این بخش پروتئینی دناتوره شده و دیگر نقش محافظتی اعمال نمی‌کند.
- در فرآیندهای غذایی بیشترین تغییر مربوط به فنوفتینه شدن است که در این عمل منیزیوم به راحتی توسط اسید از کلروفیل جدا می‌شود و تغییر رنگ سبز کلروفیل را به سبز قهوه‌ای یا خاکستری به دنبال دارد.
- هرگاه تحت شرایط اسیدی قوی علاوه بر اتم منیزیوم، گروه فیتول نیز از کلروفیل جدا شود ماده‌ای موسوم به فنوفوربید<sup>۳</sup> به وجود می‌آید. که ویژگی‌های رنگی آن همانند فنوفتین است.

<sup>1</sup> chloro Phyllide

<sup>2</sup> pheophytin

<sup>3</sup> Pheophorbide



شکل ۴-۱۰: واکنش‌های کلروفیل

یکی از مکانیزم‌های تجزیه کلروفیل در سبزی‌های منجمد شده اکسیداسیون چربی آن‌ها توسط آنزیم لیپوکسیژناز می‌باشد که به این ترتیب رنگ‌دانه‌های بی‌رنگ تشکیل می‌شود آنتی‌اکسیدان‌ها می‌توانند مانع این عمل شوند. مکانیزم‌هایی جهت جلوگیری از تخریب کلروفیل پیشنهاد شده که به شرح زیر می‌باشند:

۱- به آب بلانچر، کربنات سدیم اضافه می‌کنند تا از اسیدی شدن آب و در نتیجه فتوفتینه شدن کلروفیل جلوگیری شود.

۲- جوشاندن سبزیجات در ظرف در باز که باعث خروج یون  $H^+$  تولیدی می‌شود.

۳- استفاده از ترکیبی مثل سود، جهت جلوگیری از فتوفتینه شدن پیشنهاد شده بود که به دلیل نرم کردن بافت سبزیجات مرسوم نشد. بلکه فرآیندی به نام **Beler** که در آن از هیدروکسید کلسیم یا منیزیم استفاده می‌کنند متداول شد.

۴- استفاده از روش HTST به منظور نابودی آنزیم لیپوکسیژناز جهت فرآورده‌هایی که منجمد می‌شوند.

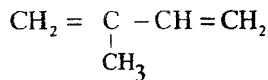
اگر یون‌های مس یا روی جایگزین منیزیم شود کمپلکس‌های مس یا روی تشکیل می‌گردند که بسیار پایدارند و با اسید نیز حذف نمی‌شود. در اروپا با جانشین کردن مس به جای منیزیم در مولکول کلروفیل مشتقاتی تهیه می‌کنند که رنگ مخصوصی داشته و کمپلکس کلروفیل مس به عنوان افزودنی رنگی به بازار عرضه می‌شود. هم‌چنین لازم به ذکر است از احیا تحت خلاء، کلروفیل‌ها، مخلوطی از پیرول‌ها تشکیل می‌شود.



## ۲- رنگدانه‌های ایزوپرنوئیدی

### کاروتنوئیدها<sup>۱</sup>:

رنگدانه‌های زرد، زرد پرتقالی و یا قرمز هستند که در سطح وسیعی وجود دارند. در گیاهان سبز کاروتنوئیدها توسط کلروفیل پوشانده می‌شوند و تا زمان تجزیه کلروفیل رنگ آن‌ها به طور مشخص ظاهر نمی‌گردد. این رنگدانه‌ها از مشتقات ایزوپرن<sup>۲</sup> هستند.



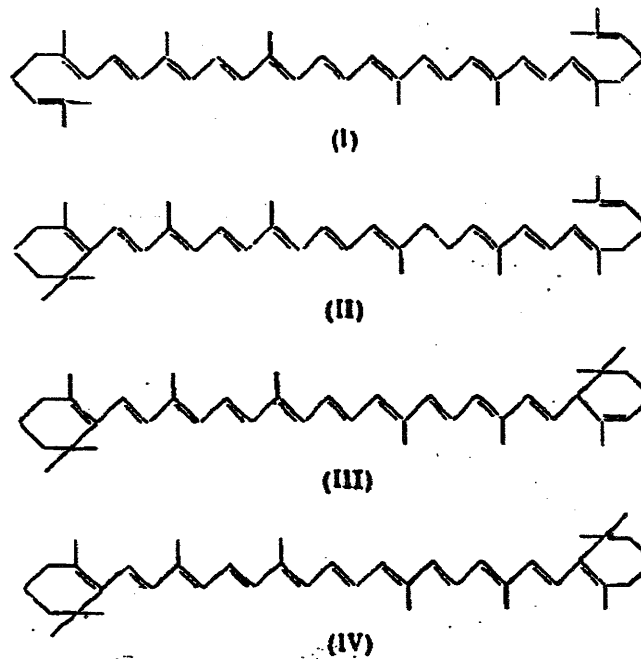
• به جز بیکسین و کروستین سایر کاروتنوئیدها به صورت تتراترینوئید هستند و از هشت واحد ایزوپرن تشکیل می‌شوند، یعنی دارای ۴۰ اتم کربن هستند.

این مواد فقط توسط گیاهان سنتز می‌شود. اما از طریق مصرف فرآورده‌های گیاهی توسط حیوانات وارد عالم جانوری می‌شود. ساختمان کاروتنوئیدها شامل گروهی از هیدروکربن‌ها می‌باشد. دو سیستم برای طبقه‌بندی کاروتنوئیدها وجود دارد. در سیستم اول کاروتنوئیدها به ۲ دسته تقسیم می‌شوند.

۱- کاروتن‌ها که هیدروکربن‌دار هستند.

۲- گزانتوفیل‌ها<sup>۳</sup> که دارای اکسیژن می‌باشند، اکسیژن ممکن است به صورت گروه‌های هیدروکسیل، متوکسیل، کربوکسیل یا کتون وجود داشته باشد.

سیستم دیگر کاروتنوئیدها را به ۳ گروه تقسیم می‌کند که عبارتند از: انواع بدون حلقه (لیکوپن)، تک حلقه (گاما کاروتن) و دو حلقه‌ای (α و β کاروتن) یعنی در لیکوپن هر دو حلقه و در گاما کاروتن یک حلقه باز شده است.



شکل ۵- ۱۰: کاروتنوئیدها، لیکوپن (I)، گاما کاروتن (II)، آلفا کاروتن (III)، و بتا کاروتن (IV)

<sup>1</sup> carotenoids

<sup>2</sup> Isoprene

<sup>3</sup> Xanthophyll

کاروتنوئیدها در حلال‌های غیر قطبی از جمله روغن‌ها بسیار محلول هستند. اما در آب نامحلول هستند. این ترکیبات به میزان زیادی در مقابل اکسیژن و نور حساس و ناپایدارند. کاروتنوئیدها معمولاً در سیستم‌هایی که به میزان زیادی غیراشباع هستند پایدارتر می‌باشند و توسط رادیکال‌های تشکیل شده در اثر اکسیداسیون چربی‌ها سریعاً نابود می‌شوند. کاروتنوئیدها در غذاهای منجمد شده یا استریل شده توسط حرارت کاملاً پایدارند.

نکته: اکسیژن برخلاف نور برای سنتز کاروتنوئیدها لازم است.

کاروتنوئیدها هم به عنوان آنتی اکسیدان (در فتواکسیداسیون) و هم پرواکسیداسیون (در اتواکسیداسیون) شرکت می‌کنند.

نکته: پایدارترین کاروتنوئید از نظر اکسیداسیون لیکوپین است که همه‌ی پیوندهای دوگانه آن از نوع ترانس است.

• رنگ کاروتنوئیدها ناشی از سیستم‌های پیوند دوگانه مزدوج آن‌ها می‌باشد. برای تشکیل رنگ زرد حداقل ۷ پیوند دوگانه مزدوج

باید وجود داشته باشد. هرچه تعداد پیوندهای دو گانه مزدوج بیش تر شود رنگ کاروتنوئیدها قرمزتر می‌شود.

اکثراً پیوندهای کاروتنوئیدها از نوع ترانس است. در صورت وجود یک پیوند دو گانه سیس به آن‌ها پیشوند **نو (neo)** و در صورت

داشتن چند پیوند دو گانه سیس پیشوند **پرو** به آن‌ها داده می‌شود. هرچه تعداد پیوندهای سیس بیش تر شود رنگ روشن تر می‌شود.

نور، گرما و اسید باعث تبدیل ایزومرهای ترانس به سیس می‌شوند مثلاً در جریان کنسرو کردن هویج و گوجه‌فرنگی به ترتیب ۴۸ و ۲۷

درصد از  $\beta$ -کاروتن که تماماً به صورت ترانس است به سیس تبدیل می‌شود.

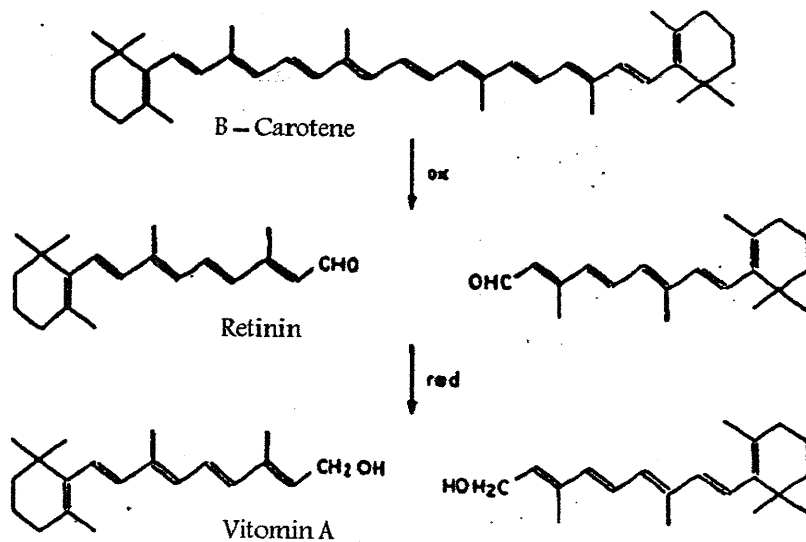
پیشوند **آپو** برای کاروتنوئیدهایی استفاده می‌شود که با از دست دادن یک عنصر ساختمانی از تجزیه کاروتنوئیدی دیگر به دست آمده

باشد. یکی از شناخته شده‌ترین آن‌ها ویتامین **A** یا **رتینول** است. در اثر شکسته شدن  $\beta$  کاروتن دو مولکول ویتامین **A** و در اثر شکسته

شدن  $\alpha$  کاروتن یک مولکول ویتامین **A** حاصل می‌شود، اما لیکوپین پیش‌ساز ویتامین **A** نیست. فعالیت ویتامین **A** به ساختمان حلقه

انتهایی بستگی دارد و زئاگزانتین، بیکسین، کانتاگزانتین و لیکوپین فعالیت ویتامین **A** ندارند.

به طور کلی  $\beta$  کاروتن موجود در میوه و سبزی به عنوان معیاری برای مقدار پروویتامین **A** در غذاها است.



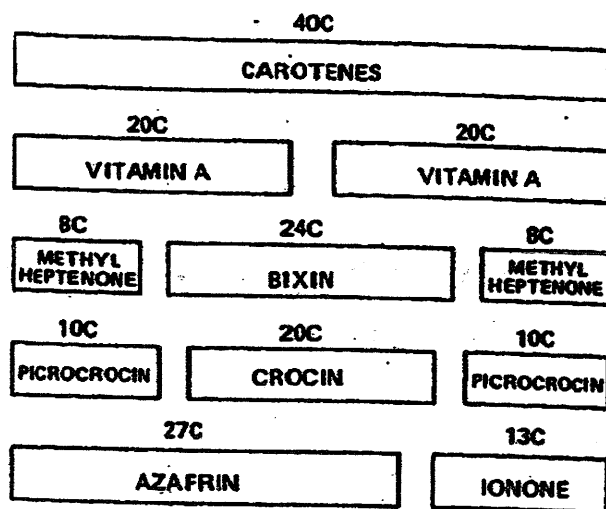
شکل ۶-۱۰: رابطه بین رتینین و ویتامین A و بتاکاروتن

همچنین یکی از کاروتنوئیدهای مهم بیکیسین می‌باشد که از پوشش دانه‌ای به نام آناتو استحصال می‌شود. بیکیسین بر خلاف همه کاروتنوئیدهای دیگر در حالت طبیعی در چربی نامحلول است ولی در هنگام استخراج در اثر حرارت تغییراتی می‌کند که به ماده محلول در روغن تبدیل می‌شود. بیکیسین یک اسید دی‌کربوکسیلیک است که با متانول استری شده است. این ماده در صنایع لبنی استفاده زیادی دارد.

شکل اولیه بیکیسین را که در آب نامحلول است، نوربیکیسین<sup>۱</sup> می‌نامند. نوربیکیسین به صورت استری نیست و دو عامل کربوکسیل آزاد دارد. نمک‌های نور بیکیسین در PH اسیدی نامحلول هستند، اما توانایی پخش شدن خوبی در محیط غذایی دارند. به این سبب از آن‌ها در تولید غلات صبحانه استفاده می‌شود که رنگ حاصل از آنها به خوبی پخش می‌شود، اما به داخل شیر نشت نمی‌کند.

- طی رسیدن میوه‌ها هم‌زمان با کاهش کلروفیل‌ها میزان کاروتنوئیدها افزایش می‌یابد. همچنین نسبت کاروتن به گزانتوفیل‌ها کاهش می‌یابد. کاروتنوئیدهای رایج موجود در میوه‌ها شامل آلفا و گاما کاروتن و لیکوپن می‌باشند. گزانتوفیل‌های میوه‌ها معمولاً در شکل استری هستند مثلاً کاپسانتین با پیوند استری با اسیدلوریک در نوعی فلفل قرمز موجود است.
- رنگدانه زعفران کروسین<sup>۲</sup> نام دارد. که از آن برای ایجاد رنگ در نوشابه‌ها و فرآورده‌های آردی استفاده می‌شود کروسین یک گلیکوزید است و دارای ۲ مولکول ژنتیوبیوز می‌باشد. بعد از جدا کردن این دومولکول ژنتیوبیوز، ماده‌ای به نام کروسستین به دست می‌آید.

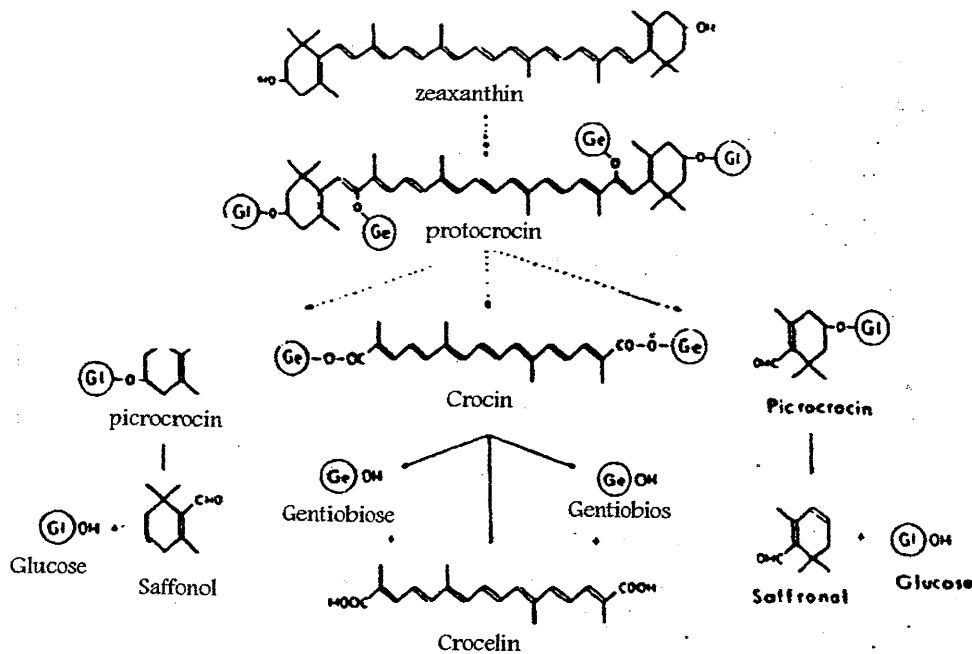
گلیکوزید دیگر به دست آمده از زعفران ترکیبی به نام پیکروکروسین است که عامل تلخی زعفران می‌باشد. پیکروکروسین از سافرونال و گلوکز تشکیل شده است. سافرونال عامل طعم خاص زعفران است.



شکل ۷-۱۰، روابط بین کاروتن و کاروتنوئیدهای با تعداد کربن کم‌تر از ۴۰

<sup>۱</sup> Norbixin

<sup>۲</sup> Crocin



شکل ۸-۱۰: رابطه بین کروسین و پیکروکروسین و کاروتنوئیدهای دیگر

نکته: تصفیه قلیایی اثر کمی روی کاروتنوئیدها دارد. ولی رنگ‌بری و هیدروژناسیون منجر به نابودی تقریباً کامل آن‌ها می‌شود. در طی رنگ‌بری به سبب حرارت بالا کاروتنوئیدها دچار تخریبی شده و در طی هیدروژناسیون به سبب اشباع شدن بی‌رنگ می‌شوند.

• زرده تخم مرغ دارای ۳ کاروتنوئید لوتئین<sup>۱</sup>، (رنگ‌دانه اصلی) کریپتوگزانتین و زئاگزانتین<sup>۲</sup> است. پایداری کاروتنوئیدها در مواد خشک شده کم است، مثال مشخص آن اکسیداسیون کاروتن در هویج خشک شده است که همراه با ایجاد طعم بد است. زرد آلوی خشک شده یک استثنا است زیرا رنگ خود را به خوبی حفظ می‌کند. پیچیده‌ترین مخلوط‌های کاروتنوئیدی در مرکبات وجود دارد.

• در اثر اتصال کاروتنوئیدها با پروتئین رنگ آبی ایجاد شده و پایداری کاروتنوئیدها افزایش می‌یابد. مثل آستاگزانتین که در خرچنگ‌های دریایی در اثر اتصال این دو ماده تشکیل می‌شود. ولی در اثر جوشاندن این حیوانات این اتصال پروتئین، کاروتنوئید شکسته شده و رنگ نارنجی، قرمز کاروتنوئید ظاهر می‌شود.

• رنگدانه اصلی ذرت زئاگزانتین است. علاوه بر آن لوتئین و کریپتوگزانتین هم وجود دارد.  $\frac{1}{3}$  کل کاروتنوئیدهای ذرت را کاروتن و

$\frac{2}{3}$  دیگر از گزارتوفیل تشکیل می‌دهد.

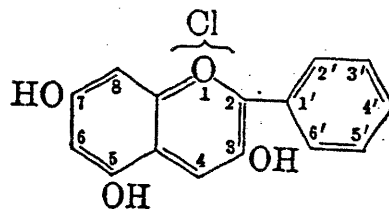
نکته:  $\beta$  کاروتن (نارنجی)،  $\beta$  آپو کاروتنال (قرمز) و کانتاگزانتین به صورت سنتتیک از  $\beta$  یونون و طی واکنش گرینارد<sup>۳</sup> تهیه می‌شود.

<sup>۱</sup> Lutein  
<sup>۲</sup> Zeaxanthin  
<sup>۳</sup> Grignard

### ۳- رنگدانه‌های بنزوپیرانی

#### الف) آنتوسیانین‌ها:

این ترکیبات از مشتقات بنزوپیران هستند. گروهی از رنگدانه‌های محلول در آب می‌باشند که عامل ایجاد طیف رنگ آبی تا قرمز می‌باشند. این دسته از رنگدانه‌ها مشتقات کاتیون فلاویلیوم<sup>۱</sup> هستند. آنتوسیانین‌ها<sup>۲</sup> در pH قلیایی به راحتی نابود می‌شوند. علاوه بر pH، درجه حرارت بالا، افزایش میزان قند و اسیداسکوربیک نیز بر روی نابودی آن تأثیر دارد. آنتوسیانین‌ها دارای ساختار گلیکوزیدی هستند و از یک بخش غیر قندی (آگلیکون یا آنتوسیانیدین) و یک بخش قندی که گلوکز، گالاکتوز یا رامنوز است، تشکیل شده‌اند. نکته: فراوان‌ترین قندی که در ساختار آنتوسیانین‌ها وجود دارد گلوکز می‌باشد. اکثر آنتوسیانین‌ها از ۳ و ۵ و ۷ تری هیدروکسی فلاویلیوم کلرید تشکیل شده‌اند و بخش قندی آن‌ها معمولاً به گروه هیدروکسیل کربن شماره ۳ متصل است.



شکل ۹-۱۰، ۳ و ۵ و ۷ تری هیدروکسی فلاویلیوم کلرید

در میان آنتوسیانیدین‌ها (بخش غیر قندی) ۶ نوع بیش‌ترین اهمیت را دارند. که عبارتند از: سیانیدین<sup>۳</sup>، پلارگونیدین<sup>۴</sup>، دلفی نیدین<sup>۵</sup>، پتونیدین<sup>۶</sup>، پئونیدین<sup>۷</sup> و مالویدین<sup>۸</sup>.

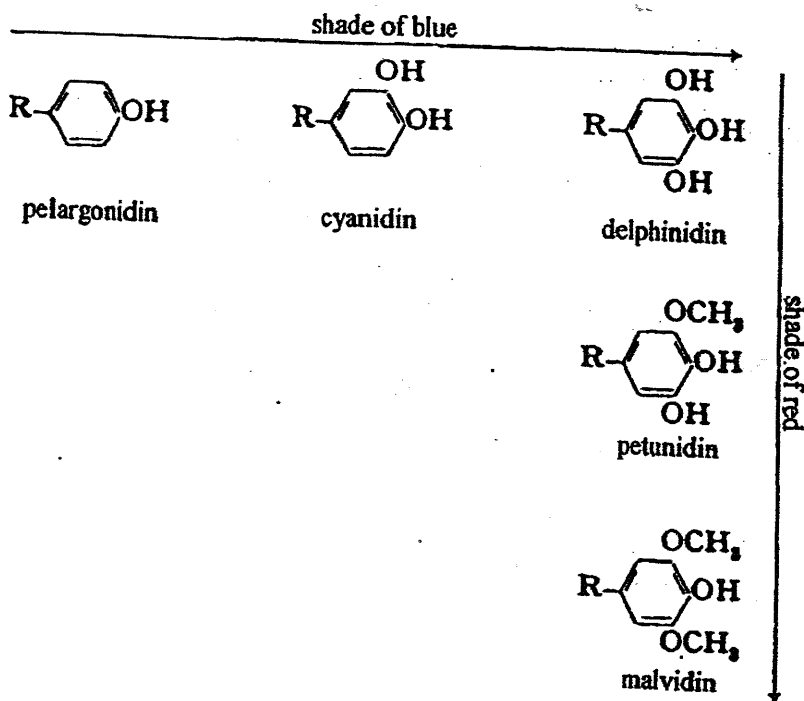
- سیانیدین فراوان‌تر از سایر آنتوسیانیدین‌ها می‌باشد.
- دلفی نیدین آبی‌ترین آنتوسیانیدین و مالویدین قرمزترین آن‌ها می‌باشند.

آنتوسیانیدین غالب در چند محصول به شرح زیر است:

یک منبع نمونه	آنتوسیانیدین
توت‌فرنگی	پلارگونیدین
هلو و سیب	سیانیدین
گیلاس	پتونیدین
پرتقال	دلفی نیدین
انگور	پتونیدین
انگور	مالویدین

<sup>۱</sup> Flavylium  
<sup>۲</sup> Anthocyanin  
<sup>۳</sup> Anthocyanidin  
<sup>۴</sup> pelargonidin  
<sup>۵</sup> Delphinidin  
<sup>۶</sup> petunidin  
<sup>۷</sup> peonidin  
<sup>۸</sup> malvidin

جایگزینی گروه‌های هیدروکسیل و متوکسیل رنگ آنتوسیانیدین‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزایش گروه‌های هیدروکسیل، سبب آبی‌تر شدن رنگ آن‌ها و افزایش گروه‌های متوکسیل سبب تشدید رنگ قرمز آن‌ها می‌شود.



شکل ۱۰-۱۰: اثر جایگزینی‌ها روی رنگ آنتوسیانیدین‌ها

سولفیت‌ها و دی‌اکسیدگوگرد به کار رفته جهت حفاظت میوه‌ها از قهوه‌ای شدن آنزیمی، به سادگی آنتوسیانین‌ها را نابود می‌کنند. بعضی آنتوسیانین‌ها به کمک گروه‌های هیدروکسیل خود با فلزات تشکیل کمپلکس می‌دهند. از این دسته می‌توان کمپلکس آنتوسیانین با قلع در آب گیلان را نام برد که سبب تشدید رنگ ارغوانی می‌شود برای جلوگیری از این وضع باید از قوطی‌های لعابدار استفاده شود. نکته: آنتوسیانین‌ها می‌توانند به عنوان عوامل دیپلاریزاتور (قطبش زا) عمل کنند. در نتیجه سبب آزاد شدن هیدروژن از جداره فلزی قوطی‌ها در اثر خوردگی آن‌ها شده و سبب تورم بسته کنسرو می‌شوند.

بی‌رنگ شدن آنتوسیانین‌ها توسط SO<sub>2</sub> برگشت پذیر است. در حالت واکنش با SO<sub>2</sub> یون کربونیوم (R<sup>+</sup>) آنتوسیانین با بی‌سولفیت واکنش می‌دهد. رنگ آنتوسیانین‌ها در pH اسیدی متناظر با یون اکسونیوم آن‌هاست. آنتوسیانین‌ها در pH خنثی بیش‌ترین پایداری را از خود نشان می‌دهند. در محلول‌های با pH = 8-10، انهیدرو بازهای یونیزه شده پرنرنگ را تشکیل می‌دهند و در pH = 12 تبدیل به چالکون‌های کاملاً بی‌رنگ یونیزه می‌شوند.

### (ب) فلاونوئیدها:

رنگدانه‌های زردی هستند که اساس آنها نیز بنزوپیران می‌باشد. این ترکیبات سوبسترای واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی نیز هستند و در ایجاد طعم گسی هم نقش دارند این ترکیبات ساختار گلیکوزیدی دارند و بخش قندی آنها معمولاً روتینوز است. این ترکیبات به دلیل دارا بودن ساختمان پلی فنلی می‌تواند به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل نمایند.

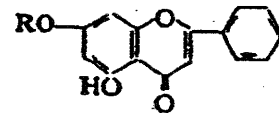
- فلاون‌ها<sup>۲</sup> دارای پیوند دو گانه بین کربن شماره ۲ و ۳ هستند.

<sup>۱</sup> Flavonoids

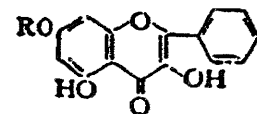
<sup>۲</sup> Flavone

- فلاونول‌ها یک گروه هیدروکسیل اضافی در کربن شماره ۳ دارند از این گروه می‌توان به نارنگین تلخ مزه موجود در مرکبات اشاره کرد.
- فلاونون‌ها در کربن ۲ و ۳ اشباع شده هستند. فلاونون‌ها از نظر تولید شیرین کننده‌های سنتتیک اهمیت دارند. فراوان‌ترین فلاونوئید، کوئرستین<sup>۲</sup> می‌باشد. بسیاری از فلاونوئیدها دارای قند روتینوز هستند که دی ساکاریدی متشکل از گلوکز و رامنوز می‌باشد. هسپریدین هم در پوست مرکبات وجود دارد.

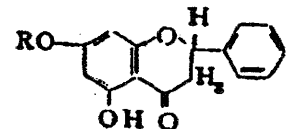
(1) flavones (positions 2:3 unsaturated)



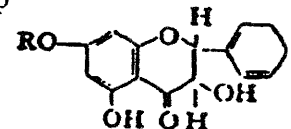
(2) flavonols (an additional OH at position 3)



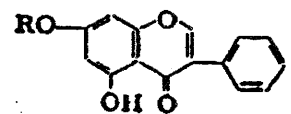
(3) flavanones (saturated at positions 2:3)



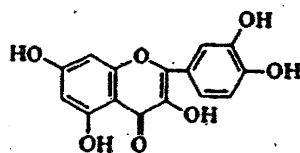
(4) flavanonols (position 3 saturated and extra hydroxyl group)



(5) isoflavones (phenol ring B at position 3)



شکل ۱۰-۱۱: ساختار فلاونون‌ها، فلاونول‌ها، فلاونون‌ها، فلاونول‌ها و ایزفلاون‌ها.



شکل ۱۰-۱۲: ساختار کوئرستین

### ج) لوکوآنتوسیانین:

این ترکیبات تحت عنوان آنتوگزانتین‌ها و پروآنتوسیانین هم شناخته می‌شوند. این ترکیبات بی‌رنگی هستند که هر گاه تحت شرایط اسیدی حرارت داده شوند، تبدیل به آنتوسیانین‌ها می‌شوند. این ترکیبات سوبسترای واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی هستند. یکی از این ترکیبات کاتکین (کاتچین) می‌باشد، که در چای وجود داشته و در جریان تخمیر

<sup>1</sup> Flavonols

<sup>2</sup> Quercetin

برگ چای تبدیل به تئافلاوین و تئاروبیگین می‌شود که هر دوی آن‌ها در ایجاد رنگ چای موثرند و از عوامل ایجاد گسی نیز محسوب می‌شوند. ساختمان شیمیایی این گروه فلاوان ۳ و ۴ دی‌ال می‌باشد.

#### د) بتالائین‌ها<sup>۱</sup>:

از نظر ظاهری شبیه آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها هستند. رنگ موجود در چغندر قرمز از این خانواده است. بتالائین‌ها خود به دو دسته بتاسیانین‌های<sup>۲</sup> قرمز و بتاگزانتین‌های<sup>۳</sup> زرد تقسیم می‌شوند.

مهم‌ترین بتاسیانین چغندر، بتانین است که قرمز رنگ بوده و رنگدانه اصلی چغندر قرمز است و یک گلیکوزید می‌باشد در واقع آگلیکون بتاسیانین در چغندر قرمز بتانیدین است که با گلوکز بتانین نامیده می‌شود. رنگ بتانین در محدوده  $pH = 4-6$  پایدار است. بتانین بیشترین پایداری را در  $pH = 5$  و کمترین پایداری را در  $pH = 7$  دارند. نور و هوا باعث تجزیه بتانین می‌شوند.

بتاگزانتین‌ها شامل ولگاگزانتین I و ولگاگزانتین II می‌باشد. تحت شرایط قلیایی و در حضور اسید گلوتامیک، بتانین می‌تواند به ولگاگزانتین تبدیل شود.

ولگاگزانتین I، رنگ زرد اصلی در چغندر زرد یا قرمز است که محلول در آب است گروه R در ولگاگزانتین I و II به ترتیب شامل گروه آمین و هیدروکسیل است. آنتوسیانین‌ها به سادگی با متانول استخراج می‌شوند و خیلی سخت در آب حل می‌گردند در حالی که بتالائین‌ها درست برعکس هستند.

#### ه) کینون‌ها<sup>۴</sup> و گزانتون<sup>۵</sup>:

کینون‌ها رنگدانه‌های متمایل به زردی هستند که در قارچ‌ها و جلبک‌ها و گیاهان گل‌دار وجود دارند. سه دسته از آن‌ها آنتراکینون‌ها، نفتوکینون‌ها و بنزوکینون‌ها هستند. از گروه آنتراکینون‌ها می‌توان به ایمودین<sup>۶</sup> اشاره کرد که در بعضی قارچ‌ها یافت می‌شود. از نفتوکینون‌ها می‌توان به جاگلون اشاره کرد که در گردو یافت می‌شود. رنگ‌دانه‌های حنا نیز عمدتاً نفتوکینون هستند. ویتامین K نیز از لحاظ شیمیایی از ۴ نفتوکینون تشکیل شده است.

کینون‌ها در واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی و در اثر اکسیداسیون پلی‌فنل‌ها به وجود می‌آیند.

گزانتون‌ها رنگ‌دانه‌های زردی هستند که به مقادیر بسیار کم یافت می‌شوند. در سیستم‌های غذایی مهم‌ترین رنگدانه شناخته شده این گروه مگنیفرین است که در میوه انبه یافت می‌شود.

<sup>1</sup> Betains

<sup>2</sup> Betacyanins

<sup>3</sup> Betaxanthins

<sup>4</sup> Quinones

<sup>5</sup> Xanthones

<sup>6</sup> Emodin



#### ۴- رنگدانه‌های سنتتیک

##### کارامل

رنگ کارامل را می‌توان از منابع مختلف کربوهیدراتی تولید کرد. اما شربت ذرت<sup>۱</sup> معمولاً بیش‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به نوع فرآیند تولید و PH محیط، کارامل می‌تواند بار منفی یا مثبت داشته باشد در صورت مثبت بودن با مولکول‌های منفی موجود در غذا واکنش داده و رسوب می‌کند. بیش‌ترین مقدار کارامل انواع الکتروپوزیتو یا کارامل مثبت می‌باشد که توسط آمونیاک تولید می‌شود.

کارامل الکترونگاتیو یا منفی توسط نمک‌های آمونیوم ساخته می‌شود. کارامل کمی منفی در الکل محلول بوده و برای رنگ کردن نوشابه‌ها استفاده می‌شود. نوع دیگر کارامل، کارامل الکلی است و به کمک هیدروکسید سدیم به عنوان کاتالیست تهیه می‌شود، بار یونی آن‌ها ضعیف بوده و در فرآورده‌های الکلی مصرف دارد.

- هرچه ویسکوزیته کارامل کمتر باشد، پایداری آن در نوشابه‌ها و حفظ رنگ آن بهتر است.
- کارامل به منزله یک امولسیون‌کننده نیز عمل می‌کند.
- کارامل را با روش افشانی خشک کرده و در غذاهای خشک استفاده می‌نمایند تصور می‌شود که هر دو واکنش می‌لارد و کاراملیزاسیون در تولید کارامل شرکت می‌کنند و فرآورده تجارتي حاصله، از نظر ترکیب بسیار پیچیده است. کارامل دارای ترکیبات رنگی با وزن مولکولی بالا بوده، هم‌چنین دارای انواع اجزاء فرار و مختلف می‌باشند.

## تست‌های فصل دهم

۱ - پایداری آنتوسیانین‌ها در کدام شرایط بیش‌تر است؟

(۱) pH اسیدی (۲) pH خنثی (۳) pH قلیایی (۴) هر دو pH اسیدی و خنثی

۲ - بیکسین جزو کدام خانواده از رنگ‌دانه‌هاست؟

(۱) فلاونوئیدها (۲) کاروتنوئیدها (۳) بتالینها (۴) رنگهای سنتزی

۳ - در گوشت تازه عامل رنگ قرمز روشن چیست؟

(۱) میوگلوبین (۲) اکسی میوگلوبین (۳) مت میوگلوبین (۴) سولفومیوگلوبین

۴ - کدام ترکیب مربوط به رنگ زعفران است؟

(۱) سافرانال (۲) سیس بیکسین (۳) ترانس بیکسین (۴) کروستین

۵ - کدام رنگ‌دانه می‌تواند بر اثر فعالیت‌های میکروبی در گوشت به وجود آید؟

(۱) صورتی نیتروز میوگلوبین (۲) قهوه‌ای مت میوگلوبین (۳) قرمز تیره میوگلوبین (۴) سبز سولفومیوگلوبین

۶ - کدام واکنش مربوط به تبدیل کلروفیل به فتوفورید می‌باشد؟

(۱) کلروفیل تحت تأثیر اسید و با از دست دادن منیزیم

(۲) کلروفیل تحت تأثیر اسیدقوی و با از دست دادن منیزیم و فیتول

(۳) کلروفیل در مجاورت آنزیم کلروفیلاز و با از دست دادن فیتول

(۴) کلروفیل در مجاورت باز قوی و با از دست دادن منیزیم

۷ - رنگ گوشت نمک سود شده‌ی پخته کدام است؟

(۱) دی نیتروزیل میوگلوبین (۲) نیتروزیل مت میوگلوبین (۳) نیتريت مت میوگلوبین (۴) نیتروزیل میوگلوبین

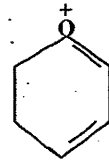
۸ - در آنتوسیانین‌ها با افزایش گروه‌های هیدروکسیل بر روی حلقه‌ی بنزنی چه تغییری در رنگ ایجاد می‌شود؟

(۱) آبی‌تر می‌شود (۲) زردتر می‌شود (۳) قرمزتر می‌شود (۴) تغییر نمی‌کند

۹ - عامل تلخی زعفران کدام است؟

(۱) پروتکروسین (۲) پیکروکروسین (۳) اکروسین (۴) کروستین اسید

۱۰ - این ساختمان در ساختمان سیگمایی کدام دسته از پیگمان‌ها وجود دارد؟



(۱) آنتوسیانین‌ها (۲) فلاون‌ها (۳) کاروتنوئیدها (۴) کلروفیل‌ها

۱۱ - میوگلوبین گوشت جزو کدام دسته از رنگ‌هاست؟

(۱) artifacts (۲) Benzopyrans (۳) Isopernoids (۴) Tetrapyrrools

۱۲ - دلیل تغییر رنگ سبزیجات در اثر طبخ کدام است؟

(۱) ترکیب کلروفیل با املاح موجود در سبزیجات

(۲) تجزیه کلروفیل به فیتول و کلروفیلین که می‌توان با قلیایی کردن محیط از آن جلوگیری نمود.

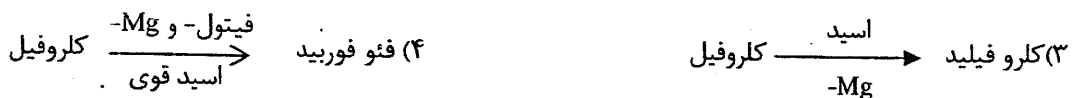
(۳) حذف اتم منیزیم از مولکول کلروفیل و تبدیل کلروفیل به فتوفیتین در شرایط اسیدی

(۴) احیا کلروفیل بوسیله‌ی ویتامین C موجود در سبزیجات که می‌توان با افزودن یک ماده‌ی اکسیدکننده غیرسمی از تغییر رنگ

جلوگیری کرد.

- ۱۳ - کدام یک از ترکیبات زیر رنگ زعفران است؟  
 (۱) بیکسین (۲) کاروتن (۳) کروسین (۴) آزافرین
- ۱۴ - آنتوسیانین‌های به علت اثر بی‌سولفیت بر کدام یک از گروه مواد یا یون‌ها زیر بی‌رنگ می‌شوند؟  
 (۱) گروه هیدروکسیل آزاد آنتوسیانین‌ها (۲) گروه متیل آزاد آنتوسیانین‌ها (۳) یون اکسونیوم آنتوسیانین‌ها (۴) یون کربونیوم آنتوسیانین‌ها
- ۱۵ - کدام کاروتنوئید در گوجه فرنگی غالب است؟  
 (۱) زیگزانتین (۲) لیکوپن (۳) لوتئین (۴) کاپسانتین
- ۱۶ - در ساختمان شیمیایی فلاون‌ها بین کربن شماره ۲ و ۳ کدام پیوند وجود دارد؟  
 (۱) اشباع (۲) غیراشباع (۳) اشباع با گروه OH (۴) غیراشباع با گروه OH
- ۱۷ - کدام یک از پیگمان‌ها از لحاظ ساختمانی مشابه یکدیگرند؟  
 (۱) آنتوسیانین و میوگلوبین (۲) کلروفیل و آنتوسیانین (۳) کلروفیل و ملانوئیدین (۴) کلروفیل و میوگلوبین
- ۱۸ - رنگ زرد زعفران ناشی از کدام ترکیب است؟  
 (۱) آیونن (۲) آزافرین (۳) بیکسین (۴) کروسین
- ۱۹ - علت تغییر رنگ گوشت قرمز به قهوه‌ای، کدام است؟  
 (۱) احیای میوگلوبین (۲) اکسیداسیون میوگلوبین (۳) قهوه‌ای شدن آنزیمی (۴) قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی
- ۲۰ - رنگ قرمز لبو به علت کدام پیگمان است؟  
 (۱) آنتوسیانین‌ها (۲) فلاوونوئیدها (۳) بتانین‌ها (۴) لیکوپن‌ها
- ۲۱ - لیکوپن جزء کدام دسته از رنگدانه‌ها می‌باشد؟  
 (۱) آنتوسیانین‌ها (۲) گزانتوفیل‌ها (۳) بتالینها (۴) کاروتن‌ها
- ۲۲ - کدام الکل‌ها در ساختمان کلروفیل شرکت دارند؟  
 (۱) فیتول اتانول و پروپانول (۲) اتانول و فیتول (۳) پروپانول و متانول (۴) فیتول و متانول
- ۲۳ - اختلاف بتاکاروتن، لیکوپن در کدام است؟  
 (۱) ایجاد رنگ (۲) تعداد اتصالات مضاعف (۳) در وضعیت حلقه بتایونون (۴) هر سه مورد
- ۲۴ - از انحلال فلاون‌ها در کدام یک از ترکیبات زیر یون اکسونیوم ایجاد می‌شود؟  
 (۱) آب (۲) الکل (۳) اسید (۴) قلیا
- ۲۵ - تانن‌ها جزو کدام پیگمان‌ها هستند؟  
 (۱) فلاونوئیدها (۲) آنتوسیانین‌ها (۳) کاروتنوئیدها (۴) لیکوپن‌ها
- ۲۶ - واحدهای ساختمانی کاروتنوئیدها چه نام دارد؟  
 (۱) کاتیون فلاویلیوم (۲) فلاوان ۳ و ۴ دی ال (۳) ایزوپرن (۴) بتا کاروتن
- ۲۷ - با خارج شدن اتم منیزیم از ساختار کلروفیل کدام یک از ترکیب‌های زیر تولید می‌شود؟  
 (۱) کلروفیلید (۲) فنوفیتین (۳) فنوفوربید (۴) کلروفیلین
- ۲۸ - آنتوسیانین‌ها از کدام دسته از رنگ‌های زیر هستند؟  
 (۱) ترکیبات تتراپیرولی (۲) مشتقات بنزوپیرن (۳) مشتقات ایزوپروپونوئید (۴) ترکیبات بتالین
- ۲۹ - عمده‌ترین رنگ‌دانه چغندر قند چه نام دارد؟  
 (۱) بتالین (۲) بتانین (۳) ولگاگزانتین (۴) ایزوپری بتانین
- ۳۰ - رنگ‌دانه ذرت چه نام دارد؟  
 (۱) کریپتوگزانتین (۲) زی گزانتین (۳) لوتئین (۴) تمامی موارد

- ۳۱ - کدام یک از رنگدانه‌ها بیش تر در محیط اسیدی و گرمایی نسبت به تغییر رنگ حساس است؟  
 (۱) آنتوسیانین (۲) بتالائین‌ها (۳) کاروتنوئیدها (۴) اسیدپالمیتیک
- ۳۲ - در خیارشور به علت شرایط اسیدی و تبدیل کلروفیل به ..... رنگ سبز خیار تغییر کرده و تخریب می‌شود؟  
 (۱) کلرین (۲) فنوفوربید (۳) فنوفیتین (۴) متیل کلروفیلید
- ۳۳ - کدام یک از ویتامین‌های زیر از جمله مشتقات ایزوپروپونوئید هستند؟  
 (۱) ارگوسترول (۲) رتینول (۳) ریبولوین (۴) منادیول
- ۳۴ - کدام یک از رنگدانه‌های زیر به شدت تحت تأثیر pH تغییر رنگ می‌دهد؟  
 (۱) دلفینیدین (۲) کاپازانتین (۳) لوتئین (۴) لیکوپین
- ۳۵ - تیاروبیزین محصول کدام یک از واکنش‌های زیر است؟  
 (۱) واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی (۲) واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی  
 (۳) واکنش استریکر (۴) واکنش اکسیداسیون آنتوسیانین‌ها
- ۳۶ - عدم قابلیت حل شدن کلروفیل در آب مر بوط به کدام عامل شیمیایی است؟  
 (۱) عامل متیل (۲) عامل آلدئیدی (۳) عامل استری فیتول (۴) هسته پورفیرینی
- ۳۷ - کدام ترکیب نسبت به تغییرات PH حساس است؟  
 (۱) بتا کاروتن (۲) سیانیدین (۳) لیکوپین (۴) لوتئین
- ۳۸ - کدام یک از رنگدانه‌های زیر دارای ساختار ایزو پرونوئیدی هستند؟  
 (۱) آنتوسیانین‌ها (۲) کارامل (۳) میوگلوبین (۴) بتا کاروتن
- ۳۹ - کدام یک از واکنش‌های زیر درست است؟



- ۴۰ - آهن در هم - پروتئین به چه شکلی موجود است؟  
 (۱)  $\text{Fe}^{+2}$  (۲) پور فیرین-  $\text{Fe}^{+2}$  (۳)  $\text{Fe}^{+3}$  (۴) پور فیرین-  $\text{Fe}^{+3}$

## پاسخنامه تست‌های فصل دهم

- ۱- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۲- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۳- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۴- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۵- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۶- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۷- این سوال درست طراحی نشده است جواب نیتریک اکسید میوه‌ها و کروموزن است.
- ۸- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۹- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۱۰- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۱۱- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۲- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۱۳- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۱۴- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۵- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۱۶- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۱۷- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۸- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۹- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۲۰- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۲۱- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۲۲- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۲۳- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۲۴- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۲۵- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۲۶- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۲۷- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۲۸- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۲۹- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۳۰- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۳۱- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۳۲- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۳۳- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۳۴- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۳۵- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۳۶- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۳۷- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۳۸- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۳۹- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۴۰- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.

## فصل یازدهم

### افزودنی‌های مواد غذایی

افزودنی‌های مواد غذایی را می‌توان به دو دسته افزودنی‌های اتفاقی<sup>۱</sup> و عمدی<sup>۲</sup> تقسیم کرد. اصطلاح افزودنی به هر ماده‌ای اطلاق می‌شود که به طور عمدی در غذا استفاده شده و موجب نتیجه مورد نظر گردد. این ماده باید به طور مستقیم یا غیر مستقیم جزیی از ماده غذایی گردد و یا ویژگی‌های مورد نظر را تحت تاثیر قرار دهد. افزودنی‌های عمدی ترکیبات شیمیایی هستند که به صورت هدف‌دار برای کمک در فرآوری، نگهداری و یا بهبود کیفیت به غذا اضافه می‌شوند.

اهداف استفاده از افزودنی‌ها شامل بهبود یا حفظ ارزش تغذیه‌ای، افزایش کیفیت، کاهش ضایعات، افزایش مقبولیت توسط مصرف کننده و بهبود کیفیت نگهداری و تهیه آسان مواد غذایی می‌باشد.

مواردی که نباید از افزودنی استفاده شود: شامل پنهان کردن عیب یا بد بودن فرآیند، پنهان کردن صدمات و فساد و فریب دادن مشتری و نیز در حالتی که می‌توان بدون استفاده از افزودنی، اثرات مطلوب را توسط عملیات فرآوری خوب بدست آورد می‌باشد.

۱- مواد شیمیایی موثر در نگهداری مواد غذایی

#### اسید بنزوئیک و پارابن‌ها

این ترکیب به طور طبیعی در برخی مواد مثل سیب، آلو، دارچین، توت فرنگی و کره وجود دارد. از آن جایی که حلالیت نمک سدیم آن یعنی بنزوات سدیم در آب زیاد است، عموماً از این ماده استفاده می‌شود. فعالیت ضد میکروبی آن با کاهش pH، افزایش می‌یابد. اثر نبود کنندگی آن بروی مخمرها و باکتری‌ها بیش‌تر است.

وجود نمک طعام اثر آن را تشدید می‌کند. pH مناسب برای فعالیت آن حدود 2.5-4 است که از pH فعالیت اسید سوربیک و پروپیونیک کم‌تر است.

اسید پس از ورود به سلول، یونیزه شده و  $H^+$  ایجاد می‌کند و سبب اختلال در کار تبادل مواد از طریق دیواره سلولی می‌گردد.

1. Incidental additives
2. intentional additives

مصرف آن تا حد 0.5 گرم و یا حتی بیشتر در روز برای انسان خطری ایجاد نمی‌کند. زیرا اضافی آن با اسید آمینه گلیسین ترکیب شده و از بدن خارج می‌گردد.

مورد اول مصرف آن مرباها، سالادهای میوه، ژله‌ها، مارگارین‌ها، شورجات، نوشابه‌های غیر الکلی و آب میوه‌ها و سس‌های گوجه‌فرنگی می‌باشد. مصرف آن در آب میوه‌ها ممکن است طعم نامطلوب تند و سوزاننده ایجاد کند.

استرهای آلکیل پاراهیدروکسی بنزواتیک اسید که، پارابن<sup>۳</sup> نامیده می‌شوند، خصوصیات ضد میکروبی خوبی دارند. این ترکیبات نسبت به تغییرات PH حساسیت کمی دارند و در  $PH > 7$  نیز فعالیت ضد میکروبی دارند. بنابراین می‌توان از آن‌ها در فرآورده‌های آردی هم استفاده نمود.

مصرف هپتیل، متیل و پروپیل پارابن مجاز است. با افزایش طول زنجیره آلکیلی خصوصیات ضد میکروبی آن‌ها افزایش می‌یابد. ولی به سبب این‌که در این حالت یعنی با افزایش طول زنجیره جلالیت آن‌ها در آب کاهش می‌یابد، عموماً از آلکیل‌های با طول زنجیره کم‌تر استفاده می‌شود. محدوده فعالیت آن‌ها بین  $PH = 3 - 8$  است.

پارابن‌ها بیش‌تر بر روی کپک‌ها و مخمرها موثر هستند و اثر ضد میکروبی آن‌ها روی باکتری‌ها به ویژه انواع گرم منفی ضعیف می‌باشد.

### اسید سوربیک:

اسید سوربیک بیش‌تر بر روی کپک و مخمر و کم‌تر بر روی باکتری‌ها موثر است. اسید سوربیک تا pH برابر 6.5 اثرات خود را نشان می‌دهد و بالاتر از این pH تاثیر چندانی ندارد. این ترکیب نیز در حالت یونیزه نشده اثر خود را ظاهر می‌سازد. اثر ضد قارچی این ترکیب به این دلیل است که این ترکیبات نمی‌توانند پیوند دو گانه مزدوج آن را متابولیزه کنند.

بیش‌ترین استفاده از این ترکیب و نمک‌های سدیم و پتاسیم آن در فرآورده‌هایی مثل پنیر محصولات آردی، نوشابه‌های گاز دار و سس‌های سالاد می‌باشد. این اسید را می‌توان با ماده غذایی مخلوط کرد و یا در سطح آن اضافه نمود یا ماده بسته‌بندی را با آن آغشته کرد.

### اسید پروپیونیک و پروپیونات‌ها

این ترکیب عمدتاً یک ضد قارچ (کپک) مهم است. همچنین از آن به عنوان عامل جلوگیری کننده از Roppines در خمیر نان استفاده می‌شود. pH اپتیمم آن 5 است. این ترکیب اثری بر روی مخمرها ندارد. بنابراین در فرآورده‌های نانی و پنیرها کاربرد دارد. اثر سوء آن بر روی کپک‌ها و برخی از باکتری‌ها به این سبب است که آن‌ها نمی‌توانند ترکیبات سه کربنه را متابولیزه کنند.

### اسید استیک:

مصرف این اسید به صورت سرکه که دارای ۴ درصد اسیداستیک می‌باشد، قدمت بسیار زیادی دارد. این اسید جلوی رشد کپک‌ها را می‌گیرد ولی اثری بر روی مخمرها ندارد. در محصولات آردی، سس‌ها، مایونزها و ترشی‌ها از آن استفاده می‌شود. که به این محصولات طعم هم می‌دهد.

### نیتريت و نیترات‌ها:

نیترات سدیم و نیتريت سدیم جهت عمل آوری گوشت‌ها به منظور جلوگیری از فعالیت میکروارگانیسم‌های عامل فساد به ویژه کلستریدوم بوتولینوم، تثبیت رنگ قرمز آن‌ها و اثرات آنتی اکسیدانی و بهبود طعم آن‌ها اضافه می‌شود. بیش‌ترین اثر ضد میکروبی آنها در  $pH = 5 - 5.5$  است.

میزان نیتريت آزاد باقی مانده با توجه به این که می تواند با آمین های نوع دوم واکنش داده و نیتروز آمین ها را که ترکیباتی سرطانزا هستند ، ایجاد نماید بسیار مهم می باشد. امروزه بهترین روش جهت کاهش میزان این ترکیبات اضافه کردن اسید اسکوربیک به مخلوط عمل آورنده می باشد. این ماده از یک سو به عنوان یک ترکیب احیا کننده سبب می شود مقدار کمتری نیتريت مصرف شود و از سوی دیگر این ماده خود از انجام واکنش تشکیل نیتروز آمین جلوگیری می کنند.

### دی اکسید گوگرد و سولفیت ها:

امروزه این ماده به صورت گاز  $SO_2$  عموماً کم تر مصرف می شود و تنها در مورد برخی مواد غذایی که خشک می گردد، کاربرد دارد. در عوض بیش تر از محلول های آن مثل سولفیت سدیم و بی سولفیت سدیم و متابی سولفیت سدیم استفاده می گردد. میزان تشکیل هر یک از این ترکیبات بستگی به pH دارد. بهترین pH برای فعالیت  $SO_2$  بین 2-3 است. محلول های  $SO_2$  نیز در pH های پایین به صورت یونیزه نشده هستند و خاصیت ضد میکروبی خود را نشان می دهند. این ترکیب اثر بیش تری بر روی باکتری ها و کپک ها دارد و اثرش روی مخمرها کم تر است.

$SO_2$  علاوه بر اثر ضد میکروبی اثرات دیگری هم دارد که به شرح زیر می باشد:

- ۱- این ترکیب عامل موثری در جلوگیری از قهوه ای شدن ( میلارد و آنزیمی ) دارد.
- ۲-  $SO_2$  در برخی سیستم ها خاصیت آنتی اکسیدانی دارد، اما عموماً به این دلیل به کار نمی رود.
- ۳-  $SO_2$  می تواند به عنوان یک ترکیب احیا کننده در آردهای قوی به کار رفته و سبب نرم شدن و اصلاح آن آردها گردد.
- ۴-  $SO_2$  می تواند سبب بی رنگ شدن آنتوسیانین ها گردد.
- ۵-  $SO_2$  اثر تخریبی بسیار قوی بر روی تیامین (ویتامین  $B_1$ ) دارد، بنابراین استفاده از آن در مواد غنی از  $B_1$  مثل گوشت ممنوع است.

### آنتی بیوتیک ها:

آنتی بیوتیک ها متابولیت های ثانویه تولید شده به وسیله میکروارگانیسم ها هستند که اثر بازدارندگی یا کشندگی روی طیف وسیعی از میکروارگانیسم های دیگر دارند.

مهم ترین مورد مصرف آنتی بیوتیک ها به کارگیری آن ها به منزله عمل اضافی یا تکمیل برای روش های دیگر نگهداری مواد غذایی است. آنتی بیوتیک به کار رفته در صنایع غذایی نباید استفاده دارویی داشته باشد. زیرا در این حالت در بدن فرد ایجاد حالت مقاومت می کند. آنتی بیوتیک مجاز در صنایع غذایی شامل نیسین، تتراسایکلین، سوبتیلین و پینماریسین می باشد.

### الف) نیسین:

متداول ترین آنتی بیوتیک صنایع غذایی است. توسط لاکتوکوکوس لاکتیس تولید می گردد. این ترکیب روی باکتری های گرم مثبت کاملاً موثر است اما بروی قارچ ها و گرم منفی ها کاربرد ندارد. این ترکیب به طور طبیعی در شیر وجود دارد. بنابراین می توان از آن در جلوگیری از فساد فرآورده های لبنی مثل پنیر و شیر تغلیظ شده استفاده کرد. اما از آن جایی که این آنتی بیوتیک مقاومت حرارتی خوبی دارد، مهم ترین کاربرد آن به عنوان یک عامل تقلیل دهنده فرآیند حرارتی در مواد غذایی کنسرو شده می باشد.

### ب) تتراسایکلین:

مصرف کلر تتراسایکلین و اکسی تتراسایکلین جهت کنترل فساد گوشت خام طیور نگهداری شده در سرما مجاز بود ( به صورت فرو بردن مرغ در آب حاوی آن ). اما امروزه عموماً این عمل انجام نمی شود. به طور کلی کلر تتراسایکلین موثرتر از اکسی تتراسایکلین است. اما به نظر مضرات استفاده از این ماده بیش تر از فواید آن است.



### ج) سوبتیلین:

توسط سوش‌های باسیلوس سوبتیلیس تولید می‌شود. در مقابل اسید پایدار بوده و دارای مقاومت حرارتی کافی می‌باشد. این ماده نیز همانند نیسین تحمل حرارتی فرآورده کنسروی را دارد، اما استفاده از آن چندان رایج نشد.

### د) ناتامایسین:

این آنتی‌بیوتیک با عنوان پیماریسین هم شناخته می‌شود. آنتی‌بیوتیکی است که بر روی مخمرها و کپک‌ها موثر است، اما بر روی باکتری‌ها اثری ندارد. بنابراین از این ماده می‌توان در آن دسته از فرآورده‌های تخمیری که وجود کپک‌ها مساله ساز است استفاده کرد.

### اکسید اتیلن و اکسید پروپیلن:

از این مواد در حالت گازی برای استریل کردن مواد غذایی خشک مثل ادویه‌ها، بادام و گردو استفاده می‌شود، هم‌چنین می‌توان در بسته‌بندی‌های اسپتیک با استفاده از این مواد پوشش یا ماده بسته‌بندی را نیز استریل کرد. استفاده از این مواد به طور خاص در ادویه‌ها بسیار رایج است. این ترکیبات به راحتی از محیط حذف شده و خطری برای انسان به همراه ندارند.

### ۲- اسیدها:

طرز عمل اسیدها، دو دسته است یکی گروهی که قبلاً اشاره شد و خواص ضد میکروبی دارند (اسید سوربیک، بنزوئیک، پروبیونیک) که این گروه در واقع اثر ضد میکروبی خود را تنها در شرایط اسیدی (pH پایین) و در فرم یونیزه نشده بروز می‌دهند. گروه دیگری از اسیدها نیز هستند که مشخصاً با کاهش pH اثر ضد میکروبی خود را ایفا می‌کنند و یا محیط را برای عمل اسیدهای دسته اول فراهم می‌سازند. کاهش pH سبب می‌شود عملیات حرارتی را بتوان در دما و زمان کم‌تری اعمال نمود. غذاهای پروتئینی به سبب دارا بودن ویژگی‌های بافری نیازمند اضافه کردن مقدار بیش‌تری اسید برای تغییر pH در یک محدوده خاص از pH هستند که در این حالت مقدار اسید اضافه شده سبب تغییر طعم غذا می‌شود.

اسیدهای ضعیف چنانچه توام مصرف شوند ممکن است اثر ضد میکروبی همدیگر را تشدید نموده و به اصطلاح حالت سینرژیستی داشته باشند.

مثلاً به کارگیری توام اسید لاکتیک و اسید استیک که اسید لاکتیک pH پایین را ایجاد می‌کند و در این حالت اسید استیک در فرم یونیزه نشده اثر خود را ظاهر می‌سازد. اسید سیتریک در بین اسیدهای صنایع غذایی بیش‌ترین کاربرد دارد. حلالیت زیاد در آب مزیت اصلی این اسید است. در فرآورده‌های لبنی از این ماده به صورت سترات سدیم استفاده می‌شود. این ترکیب خاصیت امولسیفایری هم دارد. این ترکیب در نوشابه‌های گازدار، عصاره میوه‌ها، بستنی، مرباها و ژله‌ها کاربرد دارد. همچنین اسید سیتریک یک چنگالی کننده مهم فلزات است که هم از طریق کاهش pH و هم از طریق چنگالی کردن مس سبب کاهش فعالیت آنزیمی در قهوه‌ای شدن می‌شود.

این اسید از طریق تخمیر میکروبی ملاس ساخته می‌شود.

اسید فسفریک تنها اسید غیر آلی به کار رفته در صنایع غذایی است. بیش‌ترین مورد مصرف آن در نوشابه‌های گازدار و ژله‌ها و پنیرها می‌باشد. کاربرد دیگر آن در فرآیند تصفیه روغن‌های خوراکی و تولید ژلاتین از کلاژن است. این اسید خاصیت بافری خوبی دارد.

### ۳- بازها:

مهم‌ترین نقش این گروه خاصیت بافری و تنظیم کنندگی pH آن‌ها است. یکی از کاربردهای آن‌ها استفاده از آن‌ها در خنثی کردن اسید موجود در مواد غذایی است. خنثی کردن اسید چرب آزاد در روغن‌ها در فرآیند تصفیه و خنثی کردن اسید لاکتیک تشکیل شده در خامه کشت داده شده و نیز پوست گیری قلیایی میوه و سبزی از کاربردهای آن است.

### ۴- بافرها:

یک سیستم بافری توانایی جلوگیری از تغییرات ناخواسته pH را دارد. یک سیستم بافری شامل یک اسید ضعیف همراه با نمک مربوطه به آن در آب می‌باشد. نمک سدیم و یا پتاسیم اسیدهای گلوکونیک، سیتریک، استیک و فسفریک برای کنترل pH به کار می‌رود. استفاده از سیترات نسبت به فسفات‌ها برای کنترل pH ارجحیت دارد. زیرا طعم ترش ملایم‌تری ایجاد می‌کنند. نمک‌های کلسیم به دلیل حلالیت کم و عدم سازگاری با اجزای دیگر در سیستم غذایی استفاده نمی‌شوند. در بافت‌های حیوانی سیستم بافری شامل اسید لاکتیک و نمک‌های فسفات و پروتئین‌ها می‌باشند. در حالی که در گیاهان پروتئین‌ها، فسفات‌ها و اسیدهای چند کربوکسیلیک می‌باشند.

### ۵- دی اکسید کربن:

گاز کربنیک یکی از اجزا مهم نوشابه‌های گازدار می‌باشند. هدف از اضافه کردن این گاز تولید مزه ترش ملایم می‌باشد. میزان گاز کربنیک اضافه شده در حدود یک تا پنج حجم می‌باشد. در حرارت پایین حلالیت گاز در آب بیش‌تر است.  $CO_2$  پس از انحلال در آب، pH محیط را به طور مشخصی پایین می‌آورد. ولی این وضع نقش اساسی در جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها ندارد. به همین علت در نوشابه‌ها مقداری مواد ضد میکروبی اضافه می‌شود.

### ۶- فسفات‌ها:

فسفات‌ها در ایجاد پودرهای پخت (Baking Powder) نقش دارند، نقش دیگر آن‌ها در حفظ و نگهداری آب در مواد گوشتی است. این مواد سبب افزایش ظرفیت اتصال آب در گوشت‌های خام و پخته می‌شوند. مهم‌ترین فسفات‌ها سدیم تری فسفات است. اثر پلی فسفات‌ها روی جذب آب در گوشت به دلایل افزایش pH، افزایش قدرت یونی و جذب یون‌های فلزی است. افزایش pH در بالای نقطه ایزوالکتریک به دلیل افزایش میزان بار منفی خاصیت جذب آب را افزایش می‌دهد، افزودن نمک نیز به سبب افزایش دفع الکترواستاتیکی به جذب آب کمک می‌کند.

### ۷- مواد جاذب الرطوبه:

بعضی از ترکیباتی که دارای چندین گروه هیدروکسیل هستند، مثل پروپیلن گلیکول، گلیسرول، سوربیتول و گزیتول خاصیت جذب رطوبت دارند. از این نظر در برخی مواد غذایی جهت ایجاد بافت نرم استفاده می‌شود. در این دسته از مواد به استثنای گزیتول با افزایش وزن مولکولی از میزان توانایی آن‌ها در جذب رطوبت کاسته می‌شود.

## ۸- عوامل سفت کننده:

نمک‌های کلسیم از طریق اتصال با مواد پکتیکی سبب تشکیل پکتینات و پکتات کلسیم نسبتاً نامحلول می‌شوند. سدیم و پتاسیم آلومینیوم فسفات و سولفات آلومینیوم جهت افزایش تردی خیارشورهای تخمیری به آن‌ها اضافه می‌شود. آنزیم پکتین متیل استراز نیز پکتین محلول را با استفاده از جدا کردن گروه‌های متوکسیل تبدیل به اسیدهای پکتینیک و پکتیک می‌نماید که این ترکیبات در حضور کلسیم تبدیل به مشتقات نامحلول شده و در دیواره سلولی باقی می‌مانند و سختی آن را حفظ می‌کنند.

## ۹- عوامل شفاف کننده:

حالت پالپی آب میوه‌ها ناشی از پکتین، پروتئین و ترکیبات فنلی مختلف است. جهت حذف آن‌ها از مواد کمک صافی مثل خاک دیاتومه و یا رزین‌های سنتتیک و کربن فعال استفاده می‌کنند. در مورد آب سیب می‌توان از ژلاتین هم استفاده کرد. بنتونیت‌ها که سیلیکات‌های آلومینیوم هیدراته هستند، دارای سطح زیادی می‌باشند که دارای بار منفی است و پروتئینها را که بار مثبت دارند جذب خود می‌نمایند. ژلاتین و کربن فعال هم دارای خاصیت شفاف کننده هستند.

## ۱۰- عوامل ضد کلوخه‌ای:

این دسته از مواد خاصیت پاشندگی و یا جریان یافتن مناسب در مواد گرانولی و پودری را ایجاد می‌کنند. سیلیکات کلسیم در پودرهای پخت به کار می‌رود. استئارات کلسیم، تری کلسیم فسفات، سیلیکات منیزیم و کربنات منیزیم از مواد دیگری این گروه هستند که اساساً نامحلول در آب بوده و قدرت جذب آب خوبی دارند.

## ۱۱- عوامل تشکیل دهنده کمپلکس<sup>۴</sup>:

این دسته از مواد از طریق ایجاد کمپلکس با یون‌های فلزی نقش مهمی در ثبات مواد غذایی دارد. این مواد را می‌توان، چهار گروه تقسیم کرد. اسیدهای آمینه (مثل گلیسین) اسیدهای کربوکسیلیک آمینه (مثل EDTA) اسیدهای کربوکسیلیک دارای عامل هیدروکسیل (اسید سیتریک) و پلی فسفات‌ها (اسید پیروفسفریک و اسید فیتیک) باید توجه شود که وجود یون‌های فلزی در مواد غذایی به صورت طبیعی به علت این‌که در این حالت شکل مهار شده دارند، فاقد اثر سوء است. ولی پس از انجام بعضی از فرآیندها که سبب آزاد شدن آن‌ها می‌گردد اثر نامطلوب خواهند داشت. مهار کننده‌های فلزی همچنین می‌توانند اثر عوامل ضد میکروبی را نیز تقویت کنند. این اثر به ویژه در باکتری‌های گرم منفی حائز اهمیت است.

## ۱۲- شیرین کننده‌ها:

شیرین کننده‌ها به دو دسته مغذی و غیر مغذی تقسیم می‌شوند. شیرین کننده‌های مغذی دسته‌ای هستند که در بدن متابولیزه شده و تولید انرژی می‌کنند. شیرین کننده‌های غیر مغذی یا اصولاً در بدن متابولیزه نشده و تولید انرژی نمی‌کنند و یا اینکه به دلیل میزان شیرینی بسیار زیاد مقادیر بسیار کمی از آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که از این جهت نقش چندانی در افزودن میزان کالری دریافتی بدن ندارند. برخی از شیرین کننده‌های غیر مغذی به شرح زیر هستند.

### ساکارین: (ساکارین)

این ماده 450 مرتبه شیرین تر از ساکارز است و اگر غلظت آن از حد معینی تجاوز کند سبب ایجاد مزه تلخ می‌شود. در بدن انسان ساکارین به سهولت جذب شده و توسط ادرار دفع می‌گردد.

### سیکلامات‌ها:

میزان شیرینی آن 40 برابر ساکارز است. سیکلامات‌ها دارای این ویژگی هستند که از تلخی خاص ساخارین جلوگیری می‌کنند. این مواد امروزه ممنوع هستند.

### آسپارتام:

یک دی پتید است که به صورت L-آسپارتیل -L- فنیل آلانین متیل استر می‌باشد. در تجارت از این ماده تحت عنوان نوتراسوئیت استفاده می‌شود. این ترکیب به دلیل ماهیت پروتئینی در بدن متابولیزه می‌شود، اما به سبب اینکه مقدار مصرف آن کم است، کالری ایجاد شده توسط آن به حدی کم است که غیر مغذی محسوب می‌شود. در اثر هیدرولیز شدن ویژگی شیرین کنندگی خود را از دست می‌دهد. چنانچه در محیط گلوکز وجود داشته باشد با آسپارتام واکنش داده و شیرینی خود را از دست می‌دهد. این شیرین کننده در نوشابه‌های رژیمی کاربرد دارد. مصرف آن در افراد مبتلا به فنیل کتینوری ممنوع است.

### سوکرالوز:

یک مشتق کلردار ساکارز است و حلالیت زیادی در آب داشته و مقاومت آن در برابر حرارت زیاد است. از این جهت ماده شیرین کننده‌ی مناسبی در محصولات آردی پخته شده است. در pH اسیدی نیز پایدار است و با سایر اجزای غذا واکنش نمی‌دهد.

### آسسولفام - K:

نمک پتاسیم اسید استواستیک و اسید سولفامیک است. 200 برابر شیرین تر از ساکارز است.

### دی هیدروچالکون‌ها:

شیرین کننده‌های حاصل از گلیکوزیدهای فنلی پوست مرکبات یعنی نارنجین و نئوهسپریدین (از گروه فلاوانون‌ها) می‌باشد. این مواد در محیط‌های اسیدی به خصوص نوشابه‌های گاز دار و حرارت بالا به کار برده می‌شوند. مصرف نئوهسپریدین دی هیدروچالکون در بیش تر کشورها مجاز است.

### مونیلین:

شیرین کننده‌هایی پروتئینی هستند که از دو رشته پپتیدی تشکیل شده‌اند. چنانچه این دو رشته پپتیدی از هم جدا شوند طعم شیرینی از بین می‌رود. اما وقتی به هم وصل شوند طعم شیرینی بر می‌گردد ولی به حالت اولیه نمی‌رسد. شیرین کنندگی آن ۲۰۰۰ برابر ساکارز است.

### توماتین:

یک پروتئین است که با نام تالین به بازار عرضه می‌شود که یک شیرین کننده طبیعی می‌باشد.

### میراکولین:

یک گلیکو پروتئین است که از میوه اعجاب انگیز به دست می‌آید. میراکولین خود فاقد مزه است، اما می‌تواند طعم ترش را تبدیل، طعم شیرین نماید در واقع یک تغییر دهنده طعم است.

### گلیسرین:

یک شیرین کننده طبیعی است که در ریشه شیرین بیان وجود دارد. به صورت مخلوطی از نمک‌های کلسیم و پتاسیم اسید گلیسرینیک می‌باشد، در ساختمان آن دو مولکول اسید گلیکوکورونیک وجود دارد. مصرف آن به عنوان یک طعم دهنده و نه شیرین کننده مجاز می‌باشد. از این ماده جهت ایجاد طعم در سیگار، تنباکو، آب نبات‌ها و شکلات‌ها و نوشابه‌ها استفاده می‌شود. در صنعت از آن تحت عنوان مگناسوئیت استفاده می‌شود.

### استویوزید:

این ماده در برگ نوعی گیاه وجود دارد. شیرینی آن ۳۰۰ برابر از ساکارز بیش تر است.

# فصل دوازدهم

## آنزیم‌ها

آنزیم‌ها ترکیباتی پروتئینی هستند که خواص کاتالیزوری جهت واکنش‌های حیاتی دارند. آنزیم‌ها از طریق کاهش انرژی اکتیواسیون (انرژی فعال‌سازی)<sup>1</sup> سبب تسریع واکنش‌ها می‌گردند. برخی از آنزیم‌ها مثل رنین در ساخت فرآورده‌های غذایی اهمیت دارند. برخی از آنزیم‌ها نیز به عنوان اندیکاتور (نشان‌گر) واکنش‌ها به کار می‌روند. مثلاً غیرفعال شدن فسفاتاز قلیایی یا کاتالاز و پراکسیداز که به ترتیب نشان‌گر تکمیل عمل پاستوریزاسیون شیر و بلانچینگ سبزی‌ها می‌باشند.

**نکته:** مزایای اساسی آنزیم‌ها در سرعت بالا، اختصاصی عمل کردن و عمل در شرایط فرایند ملایم می‌باشد. آنزیم لاکتیک اسید دهیدروژناز<sup>2</sup> تنها بر روی شکل L-اسید لاکتیک عمل می‌کند و آن را به اسید پیرویک<sup>3</sup> تبدیل می‌کند. آنزیم سوکسینیک اسید دهیدروژناز<sup>4</sup> بر روی اسید سوکسینیک عمل نموده و اسید فوماریک<sup>5</sup> تولید می‌کند که دارای پیوند ترانس است. اما این آنزیم قادر به تولید اسید مالئیک<sup>6</sup> که همان فرمول را دارد اما در فرم سیس می‌باشد، نیست. از نظر ساختمانی برخی از آنزیم‌ها صرفاً پروتئینی هستند. اما برخی دیگر علاوه بر جزء پروتئینی دارای بخشی غیر پروتئینی مثل کربوهیدرات، فلز و یا فسفات نیز می‌باشند.

**نکته:** به ساختار آنزیم کامل **هولو آنزیم**، بخش پروتئینی **آپو آنزیم** و بخشی غیر پروتئینی **کوفاکتور**<sup>7</sup> گفته می‌شود. هرگاه در ساختمان کوفاکتور یک ویتامین یا یک ترکیب آلی دیگر وجود داشته باشد، به آن **کوانزیم** اطلاق می‌شود. ویتامین‌های گروه B مثل نیاسین (NAD) یا ریوفلاوین (FAD) خاصیت کوانزیمی دارند.

- اتصالات کوانزیم‌ها با آپوپروتئین سست و کم انرژی می‌باشد.

<sup>1</sup> Activation energy

<sup>2</sup> Lactic acid dehydrogenase

<sup>3</sup> Pyruvic acid

<sup>4</sup> Succinic acid dehydrogenase

<sup>5</sup> Fumaric acid

<sup>6</sup> Maleic acid

<sup>7</sup> Cofactor

- در ساختار برخی از آنزیم‌ها فلزات حضور دارند که به آن گروه پروستتیک گفته می‌شود. اتصالات این گروه با آپو آنزیم بسیار قوی و از نوع کووالانسی می‌باشد و جدا شدن آن‌ها سبب غیرفعال شدن کامل آنزیم می‌گردد.
- مثل آهن در آنزیم لیبوکسی ژناز، کاتالاز، پراکسیداز یا مس در ساختار آنزیم فنلاز یا اسکوریبک اکسیداز، روی برای کربوکسی پپتیداز و کلسیم برای آلفا آمیلاز
- در مورد نحوه اثر آنزیم‌ها تئوری قفل و کلید کاربرد دارد. بر طبق این تئوری آنزیم مانند قفلی است که در جایگاه خاصی از آن به نام جایگاه فعال، سوبسترا<sup>۱</sup> به عنوان کلید قرار می‌گیرد.
- برخی از مواد وجود دارند که مانع اثر آنزیم‌ها شده و آنها را کند یا متوقف می‌کنند که به آن‌ها بازدارنده گفته می‌شود. بازدارنده‌ها در دو شکل رقابتی و غیر رقابتی عمل می‌کنند:

### ۱- بازدارنده‌های رقابتی:

در این گروه، بازدارنده ساختمانی شبیه سوبسترا دارد. بنابراین می‌تواند در محل فعال آنزیم قرار گرفته و آن را از دسترس سوبسترا خارج کند. با افزودن غلظت سوبسترای واقعی آنزیم از بازدارنده، جدا می‌شود.

### ۲- بازدارنده غیر رقابتی:

در این جا بازدارنده به مکانی غیر از محل فعال آنزیم متصل می‌گردد و با اعمال نیرو سبب می‌شود که شکل آنزیم در محل فعال تغییر کند. به طوری که سوبسترا دیگر نتواند به جایگاه فعال متصل شود.

### سینتیک واکنشهای آنزیمی:

واکنش‌های آنزیمی دارای سینتیک صفر یا مرتبه یک می‌باشند.

- وقتی غلظت سوبسترا نسبتاً بالا باشد غلظت کمپلکس آنزیم، سوبسترا در مقادیر ثابت حفظ می‌شود و سینتیک واکنش از مرتبه صفر می‌باشد، یعنی سرعت واکنش به غلظت سوبسترا بستگی ندارد.
- در غلظت‌های پایین سوبسترا، سرعت واکنش به غلظت سوبسترا وابستگی داشته و از سینتیک مرتبه اول پیروی می‌کند. به طوری که بین غلظت آنزیم و سرعت واکنش رابطه خطی وجود دارد.
- بین غلظت سوبسترا و سرعت واکنش رابطه هذلولی است. یعنی فقط تا حد معینی افزایش سوبسترا سبب افزایش واکنش می‌شود.

PH ایتیمم اکثر آنزیم‌ها بین ۸ - ۴.۵ است. در PH بسیار بالا یا پایین به علت دناتوره شدن بخش پروتئینی، آنزیم غیرفعال می‌شود. برخی از آنزیم‌ها دارای PH ایتیمم بسیار بالا (آرژیناز PH = 10) یا بسیار پایین (پپسین PH = 1.8) می‌باشند.

دمای ایتیمم اکثر آنزیم‌ها 30-40°C است. در این محدوده آنزیم‌ها دارای Q<sub>10</sub> = 2 می‌باشند. بالاتر از دمای 45°C دناتوره شدن و غیرفعال گشتن آنزیم‌ها آغاز می‌شود.

برخی از آنزیم‌ها را می‌توان با روش‌های کروماتوگرافی به صورت اجزاء مجزا تبدیل کرد که این اجزای با وجود ساختار کمی متفاوت همگی عملکرد و سوبسترای یکسانی دارند. به این اجزاء ایزو آنزیم یا ایزوزیم<sup>۲</sup> گفته می‌شود.

<sup>1</sup> Substrate

<sup>2</sup> Isozyme

## طبقه‌بندی آنزیم‌ها

آنزیم‌ها را بر اساس نحوه عمل به شش گروه تقسیم می‌کنند:

### ۱- هیدرولازها<sup>۱</sup>:

این گروه با استفاده از آب، پیوندها را هیدرولیز می‌کنند.

### ۲- اکسیدوردوکتازها<sup>۲</sup>:

این گروه در واکنش‌های اکسیداسیون و احیا شرکت می‌کنند.

### ۳- ترانسفرازها<sup>۳</sup>:

این گروه سبب انتقال گروه‌های شیمیایی مختلف مثل متیل، استیل، آلدئید، کتون و آمین از یک سوسترا به سوسترای دیگر می‌شوند.

### ۴- لیازها:

این گروه پیوندها را از طریقی غیر از هیدرولیز می‌شکنند، مثل دکربوکسیلاز و آلدولاز<sup>۴</sup>.

### ۵- ایزومرازها:

این گروه سبب ایزومریزاسیون سوستراها می‌شوند، مثل راسماز<sup>۵</sup> و اپی مراز.

### ۶- لیگازها<sup>۶</sup>:

این گروه سبب شکسته شدن یک پیوند پیروفسفات در ATP اتصالات کووالانسی می‌شوند.

## الف) هیدرولازها:

این گروه بر اساس نوع پیوندی که هیدرولیز می‌کنند، به انواع استرازها، گلیکوزیدازها، پپتیدازها و فیتازها تقسیم می‌شوند.

### (A) استرازها:

استرازها سبب هیدرولیز پیوندهای استری شده و در نتیجه اسید و الکل تولید می‌کنند. شامل فسفولیپازها، کلاسترول استرازها، کربوکسیل استرازها و لیپازها می‌باشند.

### لیپازها:

لیپازها در سطح میان آب و چربی عمل می‌کنند. بنابراین افزایش سطح مشترک آب و چربی توسط هموژنیزاسیون سبب افزایش فعالیت آن‌ها می‌شود. فعالیت لیپاز در پنیرها و به ویژه پنیرهای آبی بسیار مطلوب است و ایجاد طعم می‌کند. اما در میوه‌ها و دانه‌های روغنی به ویژه میوه پالم کاملاً نامطلوب است. زیرا سبب افزایش عدد اسیدی می‌گردند.  
نکته: در بین غلات، یولاف دارای بالاترین فعالیت لیپولیتیکی است.

<sup>1</sup> Hydrolases

<sup>2</sup> Oxidoreductases

<sup>3</sup> Trans Ferases

<sup>4</sup> Aldolase

<sup>5</sup> Racemase

<sup>6</sup> Ligases

• برخی از لیپازها مثل لیپاز پانکراتیک دارای گزینش‌گری مکانی هستند و ترجیحاً اسیدهای چرب قرار گرفته در موقعیت‌های 1 و 3 گلسیرید را هیدرولیز می‌کند و به این ترتیب محصول ۲- مونو گلسیرید است. توسط این ویژگی لیپاز پانکراس می‌توان اسید چرب قرار گرفته در موقعیت ۲ گلسیرید را شناسایی کرد. علاوه بر گزینش‌گری مکانی برخی از لیپازها گزینش‌گری به روی نوع اسید چربی که هیدرولیز می‌کنند نیز دارند. مثلاً لیپاز حاصل از اسپرژیلوس عمدتاً اسیدهای چرب کوتاه زنجیر را هیدرولیز می‌کند. اما لیپاز پانکراسی و لیپاز شیر نسبت به اسیدهای چرب گزینشی عمل نمی‌کنند و انواع اسیدهای چرب استری شده در گلسیریدها را هیدرولیز می‌کنند.

#### فسفولیپازها:

فسفولیپازها از انواع لیپازهایی هستند که سبب هیدرولیز پیوندهای استری در فسفولیپیدها می‌شوند این گروه بر حسب اینکه کدام اتصال را هیدرولیز کنند به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند.

A<sub>1</sub>: اسید چرب را در موقعیت آلفا جدا می‌کند.

A<sub>2</sub>: اسید چرب را در موقعیت بتا جدا می‌کند.

B: اسید چرب‌ها را در موقعیت آلفا و بتا جدا می‌کند.

C: اتصال بین گروه فسفات و گلیسرول را جدا می‌کند.

D: اتصال بین گروه مشتقات و الکل را قطع می‌کند.

#### (B) گلیکوزیدازها

##### B-1- آمیلازاها:

آنزیم‌هایی هستند که بر نشاسته اثر می‌کنند. شامل آلفا آمیلاز، بتا آمیلاز، گلوکوآمیلاز، پولولاناز و سیکلودکسترین گلیکوزیل ترانسفراز. آلفا آمیلاز: یک اندو آنزیم<sup>1</sup> است که معمولاً به کلسیم نیاز دارد. این آنزیم تنها اتصالات (1 → 4) α را به طور تصادفی می‌شکند، ولی می‌تواند محل شاخه جانبی را دور بزند.

بتا آمیلاز: یک اگزو آنزیم<sup>2</sup> است که نیازی به کلسیم ندارد. این آنزیم از سر غیر احیا زنجیره شروع به فعالیت نموده و تنها اتصالات (1 → 4) α را به صورت یک‌درمیان می‌شکند یعنی مالتوز تولید می‌کند و فعالیت آن در محل شاخه جانبی (6 → 1) متوقف می‌شود. گلوکوآمیلاز<sup>3</sup>: نیز یک اگزو آنزیم است که هم اتصالات (1 → 4) و هم (6 → 1) را می‌شکند. یعنی می‌تواند نشاسته را تبدیل به گلوکز نماید.

• یکی از مشکلات تبدیل آنزیمی نشاسته ذرت به گلوکز حضور آنزیم ترانس گلوکوزیداز<sup>4</sup> در مخلوط α آمیلاز و گلوکوآمیلاز است. ترانس گلوکوزیداز سبب اتصال گلوکزها به هم و تشکیل الیگوساکاریدها می‌شود. بنابراین بازده تولید گلوکز را کاهش می‌دهد.

نکته: پولولاناز و ایزو آمیلازها تنها اتصالات جانبی (6 → 1) α را می‌شکنند. بنابراین به آنها آنزیم‌های شاخه‌شکن می‌گویند با این تفاوت که ایزو آمیلازها زنجیره‌های انشعابی با بیش از ۳ واحد گلوکز را هیدرولیز می‌کنند. در حالی که پولولاناز بر روی زنجیره‌های انشعابی کم‌تر از سه واحد گلوکز هم عمل می‌کند.

<sup>1</sup> Endoenzyme

<sup>2</sup> Exoenzyme

<sup>3</sup> Glucoamylase

<sup>4</sup> Trans glucoxidase



## B-2- لاکتاز (D $\beta$ - گالاکتوزیداز)<sup>۱</sup>

این آنزیم لاکتوز را تبدیل به  $\beta$  گالاکتوز و  $\alpha$  گلوکز می‌کند. در حیوانات عالی، مخمرها و گیاهان وجود دارد. فقدان آن سبب عدم تحمل نسبی لاکتوز در برخی افراد می‌شود. با استفاده از آن می‌توان از پدیده شنی شدن در بستنی و شیر تغلیظ شده جلوگیری کرد. حضور گالاکتوز سبب جلوگیری از هیدرولیز لاکتوز توسط لاکتاز می‌شود، اما گلوکز این اثر را ندارد.

## B-3- آنزیم‌های پکتیکی<sup>۲</sup>

آنزیم‌های پکتیکی سبب هیدرولیز مواد پکتیکی می‌شوند. در گیاهان و میکروارگانیسم‌ها حضور دارند. اما در منابع جانوری تنها در حلزون وجود دارد. این آنزیم‌ها نقش مهمی در صنایع تولید آب میوه دارند. این گروه شامل پکتین استرازاها، پلی گالاکتورونازها و پکتات لیاز می‌باشد.

### B-1-3- پکتین استراز

این آنزیم گروه‌های متوکسیل را از پکتین جدا نموده و تولید متانول و اسید پکتیک می‌نماید. پکتاز، پکتین متوکسیلاز، پکتین متیل استراز و پکتین دمتیلاز اسامی دیگر این آنزیم هستند.

پکتین استراز جهت فعالیت به یک گروه کربوکسیل آزاد بعد از یک گروه استری شده روی زنجیره گالاکتورونیک نیاز دارد. هر چه درجه استری شدن زنجیره کم‌تر باشد، میزان فعالیت آن بیش‌تر می‌شود این آنزیم به اتصالات بین مولکول‌های پلی گالاکتورونیک اسید حمله نمی‌کند بلکه فقط گروه‌های متوکسیل را هیدرولیز نموده و در اثر این عمل متانول آزاد می‌کند. نکته: در هنگام تولید آب میوه‌های پالپی (مثل آب پرتقال) بلافاصله پس از استخراج آب میوه آن را فرآیند حرارتی (HTST) می‌دهند، در این حالت این آنزیم غیرفعال شده و پکتین سالم باقی می‌ماند در نتیجه آب میوه پالپی خواهد ماند.

### B-2-3- پلی گالاکتوروناز<sup>۳</sup> (پکتیناز)

این آنزیم اتصالات (4  $\rightarrow$  1) $\alpha$  واحدهای گالاکتورونیک اسید را هیدرولیز می‌کند و دو نوع اندو و اگزو دارد. اندو آنزیم به صورت تصادفی زنجیره را هیدرولیز می‌کند در حالی که اگزو آنزیم‌ها زنجیره را از سر غیر احیا هیدرولیز می‌کنند. همچنین برخی از انواع این آنزیم تنها بر روی سوبستراهای متیله شده (پکتین) عمل می‌کنند و بر این مبنا پلی متیل گالاکتوروناز نامیده می‌شوند، اما برخی دیگر سوبستراهای با گروه اسید کربوکسیلیک آزاد (اسید پکتیک) را هیدرولیز می‌کنند بنابراین پلی گالاکتوروناز نامیده می‌شوند.

### B-3-3- پکتات لیاز:

این آنزیم بدون نیاز به آب و از طریق بتا الیمیناسیون (حذف  $\beta$ ) پیوندهای گلیکوزیدی (4  $\rightarrow$  1) $\alpha$  زنجیره گالاکتورونیک اسید را تجزیه می‌کند. از نوع اندو می‌باشد و از اسپرژیلوس نیگر به‌دست می‌آید. این آنزیم قادر به هیدرولیز پکتیک اسید نبوده و با افزایش گروه متیل و طول زنجیره فعالیت آن افزایش می‌یابد. همچنین در زنجیره پکتیکی می‌تواند ایجاد باند دو گانه کند.

### C- پروتازها:

این گروه اتصالات پپتیدی را هیدرولیز می‌کنند. پروتازها به دو دسته اندو و اگزو تقسیم می‌شوند. اگزو پپتیدازها<sup>۴</sup> شامل کربوکسی پپتیدازها و آمینو پپتیدازها می‌باشد.

<sup>1</sup> -galactosidase  $\beta$

<sup>2</sup> pectic enzyme

<sup>3</sup> polygalacturonase

Exdopeptidases<sup>4</sup>

- کربوکسی پپتیدازها پیوند پپتیدی اسیدهای آمینه را از انتهای کربوکسیلی (انتهای C) جدا می کنند.
  - آمینو پپتیدازها اسیدهای آمینه را از انتهای آمین (انتهای N) جدا می کنند به این ترتیب گزینش گری اگزوپپتیدازها بر مبنای اسید آمینه انتهای آن هاست.
- اندوپپتیدازها<sup>۱</sup> پیوندهای پپتیدی را تصادفی می شکنند و عملکردی اختصاصی دارند. در این رابطه زنجیره جانبی اسیدهای آمینه، اندازه پروتئین و شکل ایزومری اسیدهای آمینه اهمیت دارد.
- آنزیم های پروتئولیتیک شامل چهار گروه می باشد:
- ۱- پروتئازهای اسیدی ۲- پروتئازهای سرینی ۳- پروتئازهای سولفیدریلی ۴- پروتئازهای دارای فلز

### C-1- پروتئازهای اسیدی:

PH اپتیمم این دسته اسیدی می باشد. و شامل موارد زیر است:

#### الف) رنین<sup>۲</sup> (کیموزین)

رنین شکل خالص آنزیم موجود در رنت<sup>۳</sup> (مایه پنیر) می باشد. این آنزیم در حالت غیرفعال به نام پرورنین<sup>۴</sup> می باشد.

نکته: برخی از آنزیمها مثل رنین، پپسین<sup>۵</sup>، تریپسین و کیموتریپسین<sup>۶</sup> ابتدا در فرم غیرفعال یا پیش ساز خود می باشند که در این حالت به آنها زیموژن گفته می شود و پس از تغییراتی به فرم فعال خود در می آیند.

- تبدیل پرورنین به رنین با افزودن اسید تسریع می شود.
- PH مناسب جهت فعالیت رنین 3.5 است.

انعقاد آنزیمی شیر توسط رنین فرآیندی دو مرحله ای است:

در مرحله اول که آنزیمی است آنزیم، اتصال میان فنیل آلانین و متیونین اسیدهای آمینه شماره 105,106 در ساختار کازین را هیدرولیز می کند و به این ترتیب اثر حفاظت کنندگی کازین از بین می رود. در مرحله دوم یعنی مرحله غیر آنزیمی میسل های کازینی توسط یون کلسیم، لخته می شوند.

#### ب) پپسین

این آنزیم در مخاط پوشش سطح معده و به صورت زیموژن یعنی پپسینوژن<sup>۷</sup> تولید می شود که در PH اسیدی معده به فرم فعال خود یعنی پپسین تبدیل می شود.

نکته: پپسین دارای ساختمان سوم می باشد. در حین تبدیل پپسینوژن به پپسین PH ایزوالکتریک از 3.7 به 1 تقلیل می یابد. هنگامی که گوساله شروع به تغذیه با علف می کند به جای رنین در بدنش پپسین تولید می گردد.

### C-2- پروتئازهای سرینی:

این گروه شامل کیموتریپسین، تریپسین، الاستاز، ترومبین و سوبتیلیسین می باشد. این دسته در جایگاه فعال خود باقی مانده سریل (اسید آمینه سرین) دارند. این گروه از آنزیمها اندوپپتیداز می باشند. کیموتریپسین، تریپسین و الاستاز به صورت زیموژن در لوزالمعده (پانکراس) ترشح می شوند و توسط پروتئولیز محدود، به شکل فعال در می آیند.

<sup>1</sup> Endopeptidases

<sup>2</sup> Rennin

<sup>3</sup> Rennet

<sup>4</sup> Prorennin

<sup>5</sup> Pepsin

<sup>6</sup> Chymotrypsin

<sup>7</sup> Pepsinogen

### C - 3- پروتئازهای سولفیدریلی:

جهت فعالیت این گروه از آنزیم‌ها که اکثراً منشأ گیاهی دارند وجود گروه سولفیدریل ضروری است. در این گروه کاتپسین جزء پروتئازهای حیوانی است.

از این دسته می‌توان به پایپین<sup>۱</sup> (آنزیم موجود در برگ و میوه درخت پایپا)، برومیلین<sup>۲</sup> (آنزیم موجود در میوه یا ساقه آناناس) و فیسین<sup>۳</sup> (آنزیم درخت انجیر) اشاره کرد.

- فیسین و برومیلین در ساختار خود کربوهیدرات دارند اما پایپین فاقد کربوهیدرات است.
- PH بهینه این آنزیم‌ها نسبتاً وسیع بوده و بین 6-7.5 است. در مقابل گرما مقاوم هستند.

### کاربرد تجاری پروتئازهای سولفیدریلی

۱- پایدار کردن و محافظت سرمایی از آب جو می‌باشد که از طریق پروتئولیز کنترل شده پروتئین‌های باقی مانده پس از مالت سازی انجام می‌شود.

۲- کاربرد دیگر این گروه ترد کردن گوشت است.

### C - 4- پروتئازهای فلزدار

این دسته جزء گروه اگزوپپتیدازها بوده و شامل کربوکسی پپتیدازها و آمینو پپتیدازها هستند و جهت فعالیت به یک فلز به عنوان کوفاکتور نیاز دارند و عوامل چنگالی کننده سبب توقف فعالیت آنها می‌شوند.

### (D) فیتازها:

این آنزیم‌ها سبب هیدرولیز اسید فیتیک و تبدیل آن به اینوزیتول و فسفریک اسید می‌شوند.

### (ب) اکسیدورودوکتازها:

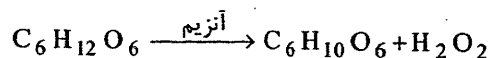
#### ۱- فنولازها:

این آنزیم‌ها در واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی شرکت می‌کنند. در ساختار این آنزیم‌ها مس به عنوان گروه پروستتیک حضور دارد. کروسولاز<sup>۵</sup> مشتقات مونوفنل را تبدیل به ترکیبات ارتودی فنل می‌نماید.

کاتشولاز<sup>۶</sup> دو مولکول دی‌فنل را به دو مولکول ارتوکینون تبدیل می‌کند که موجب احیا مولکول اکسیژن به دو مولکول آب می‌شود.

#### ۲- گلوکز اکسیداز

این آنزیم سبب اکسیداسیون D- گلوکز و تبدیل آن به دلتا گلوکونولاکتون و آب اکسیژنه در حضور اکسیژن مولکولی می‌شود.



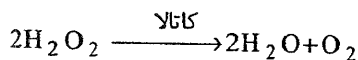
گلوکونولاکتون حاصله در حضور آب به اسید D- گلوکونیک تبدیل می‌شود.

1 papain  
2 Bromelain  
3 Ficin  
4 phytase  
5 cresolas  
6 catecholase

- این آنزیم جهت حذف اکسیژن باقی مانده در Head space قوطی‌های کنسروی استفاده می‌شود.
- هم‌چنین این آنزیم و کاتالاز جهت اکسید کردن گلوکز قبل از خشک کردن سفیده تخم‌مرغ به منظور جلوگیری از واکنش میلارد به کار می‌رود.

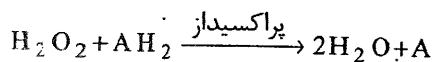
### ۳- کاتالاز

این آنزیم سبب تبدیل دو مولکول آب اکسیژنه به آب و اکسیژن مولکولی می‌شود.



- کاتالاز در PH خنثی فعالیت خود را به سرعت در دمای  $35^\circ\text{C}$  از دست می‌دهد.
- کاتالاز در گیاهان باعث مصرف آب اکسیژنه تولید شده و نیز استفاده از آب اکسیژنه در اکسیداسیون فنل‌ها، الکل‌ها و دیگر دهنده‌های هیدروژن می‌شود.
- مقاومت حرارتی کاتالاز از پراکسیداز کمتر است.

### ۴- پراکسیداز:



- این آنزیم هم، سبب تبدیل آب اکسیژنه به آب می‌شود. اما در این واکنش  $\text{H}_2\text{O}_2$  به عنوان پذیرنده هیدروژن و ترکیب  $\text{AH}_2$  به عنوان دهنده اتم هیدروژن عمل می‌کند و بر خلاف عمل کاتالاز در این مرحله اکسیژن مولکولی ایجاد نمی‌شود.
- پراکسیدازها به دو گروه پراکسیدازهای فلاوپروتئینی و پراکسیدازهای آهن‌دار تقسیم می‌شوند.
- پراکسیدازهای آهن‌دار دو دسته هستند:
- ۱- پراکسیدازهای فری پروتوپورفیرین که دارای آهن به عنوان گروه پروستتیک هستند و پراکسیدازهای گیاهی در این گروه می‌باشند.
  - ۲- ردوپراکسیدازها که پراکسیدازهای بافت حیوانی و لاکتوپراکسیداز شیر در این گروه قرار دارد.
- پراکسیدازهای فلاوپروتئینی در میکروارگانیسم‌ها و بافت‌های حیوانی یافت می‌شوند و دارای گروه پروستتیک FAD می‌باشند.
- نکته: مقاومت حرارتی پراکسیداز از کاتالاز بیش‌تر است و غیر فعال شدن آن شاخص تکمیل بلانچینگ است، ضمن این‌که این آنزیم باعث بدطعمی محصولات منجمد شده هم می‌شود.

### ۵- لیپوکسی ژناز:

- این آنزیم سبب اکسیداسیون چربی‌های غیر اشباع دارای گروه سیس و سیس 1, 4 پنتا دی ان<sup>۱</sup> می‌شود.
- علاوه بر این که هردو پیوند غیر مزدوج باید ساختار سیس داشته باشند گروه متیلن بین دو پیوند غیر اشباع باید در موقعیت Wg باشد و هیدروژن جدا شده از گروه متیلن مرکزی باید در موقعیت L باشد.
- بر خواص نانوائی و رئولوژیکی خمیر دخالت دارد. این آنزیم به طور غیر مستقیم سبب اکسیداسیون گروه‌های سولفیدریلی پروتئینی گلوتن می‌شود و باعث ایجاد پیوندهای دی‌سولفیدی می‌گردد.
- منابع اصلی لیپوکسی ژناز، حبوبات، لوبیای سویا است. این آنزیم دارای آهن می‌باشد. در هنگام تهیه شیرسویا وقتی لوبیای سویای خام، کوبیده شده و با آب مخلوط می‌شود طعم نامطلوبی دارد در این حال مخلوط کردن در آب جوشان آنزیم را غیر فعال نموده و طعم بد تشکیل نمی‌شود علاوه بر طعم بد این آنزیم می‌تواند سبب نابودی کاروتن و ویتامین A، بیکسین و سایر رنگدانه‌ها نیز شود.

<sup>۱</sup> Cis-Cis-1,4-pentadiene

## ۶- گزانتین اکسیداز<sup>۱</sup>:

این آنزیم گزانتین و هیپوگزانتین<sup>۲</sup> را به اسید اوریک تبدیل می‌کند. یک آنزیم گزینش‌گر نمی‌باشد. گزانتین اکسیداز موجود در شیر به گلبول‌های چربی متصل است. بنابراین وقتی که شیر چربی‌گیری می‌شود همراه چربی وارد خامه می‌شود. این آنزیم در برابر حرارت نسبتاً پایدار است ولی پایداری آن از پراکسیداز کم‌تر است.

## ۷- اسید اسکوربیک اکسیداز<sup>۳</sup>:

این آنزیم سبب اکسیداسیون اسید اسکوربیک و تولید دهیدرواسکوربیک اسید می‌شود.

این آنزیم دارای مس می‌باشد.

$$\text{H}_2\text{O} + \text{اسید دهیدرواسکوربیک} \xrightarrow{\text{آنزیم}} \frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{اسید اسکوربیک}$$

## آنزیم‌های تثبیت شده<sup>۴</sup>:

یکی از پیشرفت‌های مهم در صنایع غذایی ثابت نمودن آنزیم‌ها روی مواد جامد نامحلول خنثی با حفظ فعالیت آنزیمی آنها می‌باشد در این حالت آنزیم‌ها به آسانی از سیستم واکنش جدا می‌شوند به این ترتیب می‌توان واکنش‌های آنزیمی را به صورت مداوم انجام داد. برخی از روش‌های تثبیت آنزیمی شامل جذب سطحی روی پلیمرهای آلی، به تله انداختن آنزیم در پلیمرهای آلی، میکروانکپسوله کردن، تبادل یونی، اتصالات عرضی می‌باشد.

تمامی آنزیم‌های تثبیت شده فعال نیستند زیرا برخی غیر فعال شده و برخی فعالیت شیمیایی تاخیری دارند معمولاً حدود 30-50 درصد از فعالیت این آنزیم‌ها حفظ شده است.

آنزیم‌های تثبیت شده را می‌توان به دو طریق استفاده کرد:

الف) به صورت غیر مداوم: یعنی در راکتور آنزیم تثبیت شده با سوبسترا مخلوط شده و هم زده می‌شود. در انتها آنزیم از محصول جدا می‌شود.

ب) به صورت مداوم: در این حالت آنزیم از یک ستون به عنوان فاز مداوم یا ثابت قرار گرفته و سوبسترا از روی این ستون عبور می‌کند.

نکته: از موارد کاربرد آنزیم‌های تثبیت شده می‌توان به تولید HFCS توسط گلوکز ایزومراز تثبیت شده و نیز شیر کم لاکتوز توسط لاکتاز تثبیت شده اشاره کرد.

<sup>1</sup> Xanthine oxidase

<sup>2</sup> Hypoxanthine

<sup>3</sup> Ascorbic acid oxidase

<sup>4</sup> Immobilized enzymes

## تست‌های فصل دوازدهم

۱ - کدام آنزیم پایداری حرارتی بیش‌تری دارد.

- (۱) گلوکوز اکسیداز (۲) پکتیناز (۳) پراکسیداز (۴) انورتاز

۲ - کدام آنزیم فعالیت خود را در فعالیتهای آبی کم ( $a_w < 0/3$ ) حفظ می‌کند؟

- (۱) پلی فنول اکسیداز (۲) پراکسیداز (۳) آمیلاز (۴) لیپاز

۳ - برای جلوگیری از قهوه‌ای شدن مایلارد در مواد غذایی از کدام آنزیم استفاده می‌شود؟

- (۱) گلوکز ایزومراز (۲) پلی فنول اکسیداز (۳) گلوکز اکسیداز (۴) انورتاز

۴ - کدام آنزیم زیر سلولز را هیدرولیز می‌کند؟

- (۱) آلفا گلوکوزیداز (۲) بتا گلوکوزیداز (۳) آلفا آمیلاز (۴) بتا آمیلاز

۵ - سوبسترای آنزیم پلی فنل اکسیداز در قهوه‌ای شدن آنزیمی سیب‌زمینی، عبارت است از:

- (۱) اسید کلروژنیک (۲) اسید کافئیک (۳) فورفورال (۴) اسید دی ستوگالونیک

۶ - محل تاثیر آنزیم کیموزین (رنین) روی زنجیر کاپاکازین کدام است؟

- (۱) Met و Ala (۲) Met و Phe (۳) Ser و Phe (۴) Met, Ser

۷ - کدام آنزیم در فرآیند تهیه پودر تخم‌مرغ از قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی جلوگیری می‌کند؟

- (۱) کاتالاز + پراکسیداز (۲) کاتالاز + گلوکز اکسیداز (۳) کاتالاز + گزانتین اکسیداز (۴) کاتالاز + الکل دهیدروژناز

۸ - کدام‌یک از اعمال زیر باعث تسریع در عمل قهوه‌ای شدن آنزیمی می‌گردد؟

- (۱) خروج اکسیژن از سیستم (۲) افزودن بی‌سولفیت سدیم به سیستم

- (۳) ایجاد تغییرات PH و فعال‌سازی آنزیم‌ها در سیستم (۴) افزودن سیستئین به سیستم

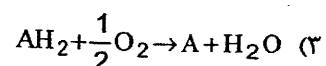
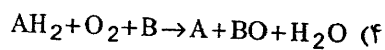
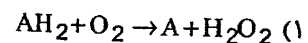
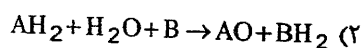
۹ - کدام‌یک از آنزیم‌های زیر جز هیدرولازها نمی‌باشد؟

- (۱) کربوکسیل استراز (۲) فسفاتاز (۳) گلوتامیناز (۴) هگزوکیناز

۱۰ - هیدرولازها باعث هیدرولیز کدام‌یک از پیوندهای زیر می‌شوند؟

- (۱) استری (۲) پپتیدی (۳) گلیکوزیدی (۴) هر سه

۱۱ - کدام‌یک از واکنش‌های زیر نشان‌گر واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی در مواد غذایی می‌باشد؟



۱۲ - منظور از آنزیم‌های راکد شده Immobilized enzyme چیست؟

- (۱) تثبیت کردن آنزیم در ستون‌های راکد به کمک مواد نشاسته‌ای
- (۲) درگیر کردن آنزیم با سوبستراهای نامحلول
- (۳) درگیر کردن آنزیم‌ها با سوبستراهای تغلیظ شده
- (۴) درگیر کردن آنزیم با پلی‌مرها در ستون‌ها

۱۳ - با استفاده از کدام یک ممکن است قهوه‌ای شدن آنزیمی شدت یابد؟

- (۱) اسید اسکوربیک و پایین آوردن PH به حدود ۴
- (۲) دمای 85° C
- (۳) مواد شیمیایی مانند بی‌سولفیت سدیم
- (۴) محلول سود در عملیات پوست‌گیری

۱۴ - از روش‌های مهم جلوگیری از واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی در مواد غذایی می‌توان از بلانچینگ و ..... نام برد؟

- (۱) افزایش ترکیبات احیا کننده و کاهش فشار اسمزی
- (۲) حذف اکسیژن از بافت گیاهی
- (۳) کاهش فعالیت آبی
- (۴) کاهش فعالیت آب و کاهش PH

۱۵ - علت این که بعضی از میوه‌ها و سبزیجات در اثر ضربه دارای لک‌های قهوه‌ای می‌شوند؟

- (۱) میلارد
- (۲) غیرمیلارد
- (۳) آنزیمی
- (۴) تغییر آرایش آمادوری

۱۶ - کدام اسید آمینه در کاهش واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی موثر است؟

- (۱) لیزین
- (۲) گلیسین
- (۳) سیستین
- (۴) فنیل آلانین

۱۷ - قسمت پروتئینی آنزیمی کدام است؟

- (۱) آپوآنزیم
- (۲) کوآنزیم
- (۳) کوفاکتور
- (۴) هولوآنزیم

۱۸ - برای خروج ترکیبات تلخ آب مرکبات در صنعت کدام آنزیم استفاده می‌شود؟

- (۱) سیکلواکسیژناز
- (۲) گلوکز اکسیداز
- (۳) پراکسیداز
- (۴) نارنگیناز

۱۹ - نام سیستماتیک آنزیم لاکتاز چیست؟

- (۱) آلفا آمیلاز
- (۲) بتا گالاکتوزیداز
- (۳) بتا گلوکوآمیلاز
- (۴) آلفا گلوکوزیداز

۲۰ - فیسین جز کدام آنزیم‌هاست؟

- (۱) منشاء حیوانی
- (۲) منشاء میکروبی
- (۳) منشاء گیاهی
- (۴) منشاء گیاهی و حیوانی

۲۱ - انجام کدام عمل موجب توقف قهوه‌ای شدن آنزیمی در سبزیجات و میوه‌ها می‌شود؟

- (۱) هوادهی به مواد خرد شده
- (۲) تنظیم PH مواد خرد شده در پایین‌تر از ۳
- (۳) تنظیم PH مواد خرد شده به حدود خنثی
- (۴) نگهداری مواد خرد شده در سردخانه ۴ درجه سانتی‌گراد

۲۲ -  $D-\beta$  - فروکتوزیداز ( اینورتاز ) کدام قند را هیدرولیز می کند؟

- (۱) جنتیوبیوز (۲) مالتوز (۳) لاکتوز (۴) ساکارز

۲۳ - از کدام آنزیم های زیر برای کمک به زلال سازی و افزایش بهره وری آب میوه ها استفاده می شود؟

- (۱) بروملین (۲) کریوکسیل استراز (۳) بتا گالاکتوزیداز (۴) آنزیم های موثر بر مواد پکتینی

۲۴ - کدام آنزیم می تواند قند گلوکز را از قسمت غیر احیا کننده مولکول آمیلوز هیدرولیز کند؟

- (۱) گلوکوآمیلاز (۲) آلفا آمیلاز (۳) بتا آمیلاز (۴) ایزوآمیلاز

۲۵ - کدام آنزیم می تواند اتصالات ۱ و ۶ در آمیلوپکتین هیدرولیز کند؟

- (۱) آلفا آمیلاز (۲) بتا آمیلاز (۳) گلوکوآمیلاز (۴) آلفا گلوکزیداز

۲۶ - کدام آنزیم می تواند اتصالات سلولز را بشکند؟

- (۱) بتا آمیلاز (۲) بتا گلوکزیداز (۳) گلوکوآمیلاز (۴) پولولاناز

۲۷ - در تولید آب پرتقال برای حفظ کدورت طبیعی میوه، به چه روشی بایستی عمل شود؟

(۱) آنزیم های پکتولیتیک به صورت فعال در آب میوه باقی بمانند.

(۲) آنزیم های آلفا آمیلاز و بتا آمیلاز به روش HTST غیرفعال نمود.

(۳) آنزیم های پلی متیل گالاکتوروناز و ترانس الیمیناز غیرفعال گردد.

(۴) پکتین استرازها به روش HTST غیرفعال گردند.

۲۸ - در یک سیستم هیدرولیز آنزیمی متشکل از محصول نشاسته + آلفا آمیلاز، گلوکوآمیلاز و پولولاناز محصول نهایی چیست؟

(۱) دکستروز و آب (۲) گلوکز و آب

(۳) مالتوز و آب (۴) دکستروز، مالتوز، گلوکز و آب

۲۹ - در تهیه آب میوه ها برای کمک به صاف کردن و تصفیه کردن و افزایش بهره وری از کدام آنزیم ها استفاده می کنند؟

- (۱) بتا گالاکتوزیداز (۲) پاپایین و کریوکسیلاز (۳) کریوکسیل استراز (۴) پکتیناز و سلولاز

۳۰ - برای تولید پکتین با متوکسیل پایین از کدام آنزیم می توان استفاده کرد؟

- (۱) پکتات لیاز (۲) پکتین متیل استراز (۳) پلی گالاکتوروناز (۴) پکتین لیاز



## پاسخنامه تست‌های فصل دوازدهم

- ۱ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۲ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۳ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۴ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۵ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۶ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۷ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۸ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۹ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۰ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۱ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۱۲ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۱۳ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۴ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۵ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۱۶ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۱۷ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۱۸ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۹ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۲۰ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۲۱ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۲۲ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۲۳ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۲۴ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۲۵ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۲۶ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۲۷ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۲۸ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۲۹ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۳۰ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.

## سؤالات سال ۱۳۸۲

۱ - ردوکتون ها در کدام یک از واکنش های زیر تولید می شوند؟

- (۱) واکنش ساکارز در محیط قلبایی
- (۲) واکنش کاراملیزاسیون قندها
- (۳) واکنش حرارتی قندهای احیا کننده در محیط اسیدی
- (۴) واکنش حرارتی قندهای احیا کننده در محیط قلبایی

۲ - اندیس پولنسک چیست؟

- (۱) درصد اسید بوتیریک
- (۲) درصد اسیدهای چرب فرار محلول در آب
- (۳) درصد اسیدهای چرب فرار نامحلول در آب
- (۴) درصد اسیدهای چرب فرار

۳ - در فوتوکسیداسیون چربی ها، کاروتنوئیدها چه نقشی دارند؟

- (۱) کاتالیزوری
- (۲) ممانعت کنندگی
- (۳) بدون نقش
- (۴) موثر در تشکیل رادیکال های آزاد

۴ - در اثر حرارت قدرت جذب آب مواد پروتئینی..... می یابد زیرا به دلیل ..... تعداد نقاط فعال آنها در چنین فرآیندی ..... می شود.

- (۱) کاهش - دناتوراسیون - کم
- (۲) افزایش - دناتوراسیون - کم
- (۳) کاهش - دناتوراسیون - زیاد
- (۴) افزایش - دناتوراسیون - زیاد

۵ - اندازه بلور یخ در طی انجماد بیشتر به چه چیزی بستگی دارد؟

- (۱) تعداد یون های موجود
- (۲) تعداد هسته ها
- (۳) ساختار شش ضلعی یخ
- (۴) فعالیت آبی

۶ - کدام جزء غیر قابل صابونی شدن مربوط به چربی های حیوانی است؟

- (۱) استیگماسترول
- (۲) بتاسیتوسترول
- (۳) کامپسترول
- (۴) لانوسترول

۷ - امولسیون کننده ها چه نوع ترکیب و چه مکانیزمی دارند؟

- (۱) فعال سطحی - کاهش کشش بین سطحی
- (۲) فعال سطحی - کاهش هیدروفیلی
- (۳) هیدروفیل - کاهش کشش بین سطحی
- (۴) هیدروفوب - کاهش هیدروفیلی

۸ - کدام ساختمان پروتئین وقتی ایجاد می شود که زنجیره های پروتئینی به صورت فشرده روی هم قرار گرفته و به وسیله پیوند

هیدروژنی، پل دی سولفیدی و نیروهای واندروالسی پایدار گردند؟

- (۱) ساختمان سوم
- (۲) ساختمان چهارم و دوم
- (۳) ساختمان دوم ماریچی و صفحه ای
- (۴) ساختمان دوم صفحه ای موازی و غیر موازی

۹ - علت اصلی عدم بلوری شدن قندهای احیاء کننده چیست؟

- (۱) افزایش سرعت انتقال جرم به هنگام بلوری شدن
- (۲) افزایش سرعت به هم پیوستگی سطحی بلورها
- (۳) حضور آنومرها و ایزومرهای حلقه ای
- (۴) کاهش و یسکوزیته به هنگام بلوری شدن

۱۰ - کدام مورد پلی ساکارید پیچیده غیر نشاسته ای و غیر سلولزی محلول در آب است؟

- (۱) اسیدهای پکتیک
- (۲) پنتوزان ها
- (۳) همی سلولزها
- (۴) لیگنین ها

۱۱ - از فراوان ترین آلدوزها و کتوزها در طبیعت محسوب می شوند؟

- (۱) مانوز و فروکتوز (۲) گلوکز و گزیلوز (۳) گلوکز و فروکتوز (۴) مانوز و گزیلوز

۱۲ - کدام ترکیب هوموپلی ساکارید است؟

- (۱) پکتین (۲) کیتین (۳) گلیکوژن (۴) صمغ عربی

۱۳ - تثبیت رنگ گوشت به وسیله نیتريت به دليل تشكيل کدام تركيب است؟

- (۱) اکسی میوگلوبین (۲) نیتروزومت میوگلوبین (۳) مت میوگلوبین (۴) نیتروزو میوگلوبین

۱۴ - رافینوز از چه واحدهای ساکاریدی تشکیل شده است؟

- (۱) گالاکتوز - گلوکز - فروکتوز (۲) گالاکتوز - فروکتوز - زایلوز  
(۳) گلوکز - گالاکتوز - مانوز (۴) مانوز - گالاکتوز - فروکتوز

۱۵ - کف کردن سفیده تخم مرغ بر اثر هم زدن ناشی از وجود کدام پروتئین است؟

- (۱) اوالبومین (۲) اوموسین (۳) آویدین (۴) کونالبومین

۱۶ - کلسترول از نظر شیمیائی به کدام یک از گروه های زیر تعلق دارد؟

- (۱) استروئیدها (۲) تری ترپنوئیدها (۳) منوترپنوئیدها (۴) دی ترپنوئیدها

۱۷ - خاصیت اصلی نشاسته از پیش ژلاتینی شده چیست؟

- (۱) پایداری در pH پایین (۲) پایداری در انجماد - انجماد زدایی  
(۳) شفافیت (۴) محلول در آب سرد

۱۸ - رنگ قهوه ای طلایی پوسته نان ناشی از کدام واکنش است؟

- (۱) کربنیل آمین (۲) کاراملی شدن (۳) پیرو دکسترین ها (۴) هر سه

۱۹ - چنانچه بسپارزدایی (depolymerisation) نشاسته زیر 20DE انجام گیرد، فراورده چه نامیده می شود؟

- (۱) دکستروزانیدر (۲) دکستروز مونوهیدرات (۳) مالتو دکسترین (۴) مالتوز مونوهیدرات

۲۰ - بیشترین سرعت اکسایش متعلق به کدام اسید چرب است؟

- (۱) آلفا - لینولیک (۲) آلفا - التواستتاریک (۳) لینولیک (۴) پالمیتولیک

۲۱ - اگر روغنی با کیفیت نامطلوب را با روغن تازه آمیخته کنیم یا آن را بوبری کنیم، چه تغییری حاصل می شود؟

- (۱) کاهش PV، بهبود بو (۲) کاهش بو، بدون تغییر PV  
(۳) کاهش PV، بهبود بو، کاهش عمر نگهداری (۴) کاهش PV، افزایش عمر نگهداری

۲۲ - در مقایسه برگشت طعم (Reversion) و تندی کدام گزینه درست است؟

- (۱) در تندی طعم نهایی برای چربی های متفاوت یکسان است. (۲) در برگشت تغییر طعم برای چربی های متفاوت یکسان است.  
(۳) بین برگشت و PV رابطه وجود دارد. (۴) PV به عنوان مقیاسی از بروز تندی به کار نمی رود.

۲۳ - در محل هایی که ..... وجود دارد ستون مهره های پکتین نامنظم می شود.

- (۱) مانوز (۲) رامتوز (۳) اسید گلوکونیک (۴) اسید گلوکورونیک

- ۲۴ - کدام گزینه در مورد صمغ‌ها درست است؟  
 (۱) مولکول‌های خطی آنها گرانروی بیشتری دارند.  
 (۲) همه صمغ‌ها قابلیت تشکیل ژل دارند.  
 (۳) مولکول‌های شاخه‌ای آنها گرانروی بیشتری دارند.  
 (۴) همه صمغ‌ها غشاء (فیلم) تشکیل می‌دهند.
- ۲۵ - بین کدام صمغ با کتیرا وجوه تشابه زیادی وجود دارد و به عنوان تقلب مورد استفاده قرار می‌گیرد؟  
 (۱) آگار (۲) کارایا (۳) کاراگینان (۴) گزانتان
- ۲۶ - در کدام محیط تشکیل دی ساکاریدهای برگشتی (reversion) صورت می‌گیرد؟  
 (۱) اسیدی (۲) قلیایی (۳) خنثی (۴) دمای بالا
- ۲۷ - هنگامی که فعالیت آبی به زیر 0.85 کاهش یابد کدام واکنش آنزیمی می‌تواند ادامه یابد؟  
 (۱) آمیلاز (۲) فنول اکسیداز (۳) پروکسیداز (۴) لیپاز
- ۲۸ - در فرایند تولید فراورده‌های گوشتی کدام دسته از پروتئین‌های گوشت به کمک نمک حل می‌شوند؟  
 (۱) استروما (۲) سارکوپلاسمی (۳) ساختاری (۴) سیتوپلاسمی
- ۲۹ - فسویتین (phosvitin) چیست؟  
 (۱) پروتئین با دانسیته پایین در زرده  
 (۲) پروتئین محلول در آب سفیده  
 (۳) پروتئین با دانسیته بالا در سفیده  
 (۴) پروتئین با دانسیته بالا در زرده
- ۳۰ - پروتئین‌های بیشتر دانه‌ها به جز غلات از کدام نوع هستند؟  
 (۱) آلبومین‌ها (۲) پرولامین‌ها (۳) گلوبولین‌ها (۴) گلوکلین‌ها

## سوالات سال ۱۳۸۸

- ۱ - رسوب حاصل از آب‌های سخت دائمی بر دیواره و لوله‌های بویلر چه ترکیبی دارد؟
  - (۱) کلسیم کربنات
  - (۲) کلسیم بیکربنات
  - (۳) کلسیم و منیزیم کربنات‌ها
  - (۴) کلسیم سولفات و منیزیم سیلیکات
- ۲ - آنزیم مسئول تجزیه پروکسیدهای آلی در بدن دارای کدام عنصر است؟
  - (۱) آهن
  - (۲) روی
  - (۳) سلنیم
  - (۴) مس
- ۳ - قابلیت خمیر در نگهداری  $CO_2$ ، اساساً مربوط به چیست؟
  - (۱) پنتوزانها
  - (۲) گلوتن
  - (۳) گلیادین‌ها
  - (۴) گلوتین‌ها
- ۴ - سفتی گوشت، عمدتاً به چه عاملی بستگی دارد؟
  - (۱) تعداد اتصال‌های جانبی واحدهای کولاژن
  - (۲) به تعداد باقیمانده‌های هیدروکسی پرولین موجود در واحدهای کولاژن
  - (۳) به درصد گلیسین در ساختار کولاژن
  - (۴) به تعداد باقیمانده‌های پرولین
- ۵ - اگر  $pK'$  گروه کربکسیل اسیدهای آمینه 2.2، گروه آمینو 9.4، اسید استیک 4.65 و اسید سیتریک 4.3 باشد، قابلیت تجزیه‌ای (یونش) کدام بیش‌تر است؟
  - (۱) اسید استیک
  - (۲) اسید سیتریک
  - (۳) گروه کربکسیل
  - (۴) گروه آمینو
- ۶ - افزایش اسید چرب با فرمول (آراشیدونیک اسید  $ω6$  ،  $20:4$ ) در یک چربی بر اندیس یدی و نقطه ذوب چه تاثیری دارد؟
  - (۱) اندیس یدی را بالا و نقطه ذوب را پایین می‌آورد.
  - (۲) اندیس یدی را پایین و نقطه ذوب را بالا می‌آورد.
  - (۳) اندیس یدی را بالا و نقطه ذوب را بالا می‌آورد.
  - (۴) اندیس یدی را پایین و نقطه ذوب را پایین می‌آورد.
- ۷ - در پدیده‌ی برگشت طعم (Flavor reversion) کدام یک از اسیدهای چرب شرکت می‌کنند؟
  - (۱) اسید اولئیک و اسید لینولئیک
  - (۲) اسید لینولئیک و اسید ایزولینولئیک
  - (۳) اسید لینولئیک و اسید لینولئیک
  - (۴) اسید آراشیدیک و اسید لینولئیک
- ۸ - در فوتوکسیداسیون چربی‌ها، کاروتنوئیدها چه نقشی دارند؟
  - (۱) آنتی اکسیدانی
  - (۲) کاتالیزوری
  - (۳) در تشکیل رادیکال‌های آزاد موثرند
  - (۴) بی‌تاثیر هستند.
- ۹ - اندیس کیرشنر (Kirshner) در چربی‌ها چه چیزی را نشان می‌دهد؟
  - (۱) درصد اسیدهای چرب فرار محلول
  - (۲) میزان اسید بوتیریک
  - (۳) درصد اسیدهای چرب فرار نامحلول
  - (۴) میزان اسیدهای زنجیر کوتاه
- ۱۰ - برای معلق‌سازی پودر کاکائو در تولید شیر شکلاتی از چه ترکیبی استفاده می‌شود؟
  - (۱) امولسیون کننده‌ها
  - (۲) نشاسته‌های اصلاح شده
  - (۳) صمغ‌ها
  - (۴) فسفولیپیدها

- ۱۱ - امولسیون کننده های W/O دارای چه دامنه ای از HLB هستند؟  
 (۱) 3-6 (۲) 7-9 (۳) 8-18 (۴) 15-18
- ۱۲ - هیدروکسی متیل فورفورال از کدام واکنش می تواند حاصل شود؟  
 (۱) تجزیه ی حرارتی قندها در محیط قلیایی  
 (۲) تجزیه حرارتی پنتروزها در محیط اسیدی  
 (۳) تجزیه ی حرارتی الکل قندی  
 (۴) تجزیه ی حرارتی نشاسته در محیط اسیدی
- ۱۳ - ساکاریدی اصلی در ساختار پکتین کدام است؟  
 (۱) اسید گلوکورونیک  
 (۲) اسید  $\beta$ -D - گالاکتورونیک  
 (۳) اسید  $\beta$ -D - مانورونیک  
 (۴) اسید  $\beta$ -D - گالاکتورونیک
- ۱۴ - گلوسیتول چیست؟  
 (۱) قند پنج کربنی  
 (۲) قند شش کربنی  
 (۳) الکل قند ۶ کربنی با یک عامل آلدیدی  
 (۴) الکل قند ۶ کربنی بدون عامل آلدیدی
- ۱۵ - واحدهای ساکاریدی عمده در ساختار پنتوزان ها کدامند؟  
 (۱) آرابینوز و رامنوز (۲) گزیلوز و آرابینوز (۳) گلوکوز و گزیلوز (۴) رامنوز و گلوکوز
- ۱۶ - در فرمول هاورث چنانچه کربن ششم بالای حلقه قرار گیرد نشانگر چیست؟  
 (۱) شکل  $\alpha$  (۲) شکل  $\beta$  (۳) شکل D (۴) شکل L
- ۱۷ - سلوبیوز دارای چه پیوندی است؟  
 (۱) آلفا 1  $\leftarrow$  4 گلوکوز (۲) آلفا 1  $\leftarrow$  2 گلوکز (۳) بتا 1  $\leftarrow$  4 گلوکوز (۴) بتا 1  $\leftarrow$  2 گلوکوز
- ۱۸ - پکتین هایی که ..... بالایی دارند برای تشیکل ژل به ..... نیاز دارند.  
 (۱) درجه متیلی شدن - قند زیادی  
 (۲) درجه متیلی شدن - قند کمی  
 (۳) درجه متیلی شدن - اسید کمی  
 (۴) درجه متیلی شدن - pH بالایی
- ۱۹ - غیر معمولی بودن خواص آب عمدتاً ناشی از چیست؟  
 (۱) نیروهای واندروالس و هیدروژنی آب  
 (۲) ساختار مولکولی آب و تشکیل پیوند هیدروژنی  
 (۳) ساختار مولکولی و حلالیت آب  
 (۴) نیروهای واندروالس و حلالیت آب
- ۲۰ - پدیده ی هیستریزس (Hysteresis) آب چه چیزی را نشان می دهد؟  
 (۱) منحنی جذب پایین تر و رفع بالاتر  
 (۲) منحنی جذب و رفع یکسان  
 (۳) تعادل رطوبت با محیط اطراف  
 (۴) منحنی جذب بالاتر و رفع پایین تر
- ۲۱ - پدیده پس گرایی (Retrogradation) در نشاسته چیست؟  
 (۱) ژلاتینی شدن نشاسته  
 (۲) اسفنجی شدن نشاسته  
 (۳) تغییر درصد آمیلوپکتین بر اثر هیدرولیز  
 (۴) بلوری شدن دوباره ی نشاسته
- ۲۲ - کدام یک از صمغ های زیر به ترتیب از راست به چپ از میکروپها و دانه ها به دست می آیند؟  
 (۱) آگار - کتیرا (۲) آلژینات ها - CMC (۳) دکستران - گوار (۴) گزانتان - صمغ عربی

۲۳ - ساختارهای ماریچی و ورقه‌ای پروتئین‌ها چگونه تشکیل می‌شوند؟

(۱) به ترتیب بر اثر پیوندهای هیدروژنی درون مولکولی و بین مولکولی

(۲) به ترتیب بر اثر پیوندهای هیدروژنی و دی سولفیدی

(۳) هر دو بر اثر پیوندهای هیدروژنی درون مولکولی

(۴) هر دو بر اثر پیوندهای هیدروژنی بین مولکولی

۲۴ - ویسلین و لگومین جزء کدام دسته از پروتئین‌ها هستند؟

(۱) آلومین‌ها

(۲) آلومینوئیدها

(۳) گلوکلین‌ها

(۴) گلوبولین‌ها

۲۵ - در آبکافت اسیدی پروتئین‌ها کدام آمینواسید به طور کامل از بین می‌رود؟

(۱) ترئونین

(۲) تریپتوفان

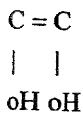
(۳) سیستین

(۴) لیزین

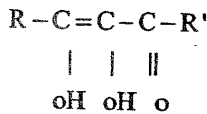
## سؤالات سال ۱۳۸۲

۱ - گزینه ۱ صحیح می باشد.

در طی اثر قلیاها بر روی قندهای احیاء کننده واکنش توتومریزاسیون (انولیزاسیون) رخ می دهد در طی این واکنش ترکیباتی تحت عنوان آن دیوال ایجاد می شود. آن دیولها ترکیباتی به شدت احیاء کننده هستند که در اثر اتصال دو گروه هیدروکسیل به کربنهایی که باهم باند دوگانه دارند ایجاد می شود.



ردوکتونها نیز ترکیباتی حدواسط در مسیر قهوه‌ای شدن قندهای احیاء کننده هستند که ساختار آنها از یک گروه کربونیل مجاور گروه آن دیول ایجاد می شود.



۲ - گزینه ۳ صحیح می باشد.

اندیس پولنسک میزان اسیدهای چرب کم فرار و نامحلول در آب ( $\text{C}_8 - \text{C}_{14}$ ) را اندازه گیری می گیرد. گزینه ۲ یعنی اسیدهای چرب فرار محلول در آب ( $\text{C}_4 - \text{C}_6$ ) توسط اندیس رایشرماسیل اندازه گیری می شوند

۳ - گزینه ۲ صحیح می باشد.

پاروتنوئیدها در واکنش فوتواکسیداسیون نقش خاموش کنندگی دارند یعنی ممانعت کننده این واکنش هستند.

۴ - گزینه ۱ صحیح می باشد.

یکی از اثرات دناتوراسیون پروتئینها کاهش قدرت جذب آب آنها می باشد که علت این امر کاهش نقاط فعال آنها می باشد.

۵ - گزینه ۲ صحیح می باشد.

هرچه تعداد هستهها در طی انجماد بیشتر باشد اندازه بلورهای یخ کوچکتر می شود توجه شود که هرچند تعداد یونها خود تشکیل دهنده تعداد هستهها می باشد اما علاوه بر این مسئله پدیدههای مثل هم زدن نیز باعث کاهش اندازه بلورها می شود.

۶ - گزینه ۴ صحیح می باشد.

کلسترول و لانوسترول از دسته استرولهای جانوری (ژنوسترول) می باشند سایر گزینهها همگی جزء فیتوسترولها هستند.

۷ - گزینه ۴ صحیح می باشد.

امولسنیایرها به سبب دارابودن توام سرهای آب دوست و آب گریز دارای خاصیت فعال سطحی هستند و از طریق کاش کششی بین سطحی و نیز ممانعت از برهم چسبیدن قطرات فاز پراکنده از دوفازی شدن امولسیون جلوگیری می کند.

۸ - گزینه ۱ صحیح می باشد.

ساختار سوم پروتئینها وقتی ایجاد می شود که زنجیرههای پروتئینی در یک ساختمان فشرده روی هم قرار گیرند و به وسیله پیوندهای هیدروژنی، دی سولفیدی و نیروهای واندروالسی پایدار می شود. شکل سه بعدی یک پروتئین ناشی از ساختمان سوم آن است.



۹- گزینه ۲ صحیح می باشد.

محلول یک قند خالص تر باشد سریعتر و راحتتر بلوری می شود یعنی وجود ناخالصی ها عامل در جهت کاهش سرعت کریستالیزاسیون است. در قندهای احیاء کننده وجود آنومرها و در نتیجه پدیده موتاروتاسیون سبب می گردد که در واقع محلول آن ها به نوعی ناخالص محسوب شود و سرعت کریستالیزاسیون آن ها به شدت کاهش یابد.

۱۰- گزینه ۲ صحیح می باشد.

پنتوزان ها و همی سلولزها پلی ساکاریدهای غیر سلولزی، غیر نشاسته ای مهم گیاهان هستند که اولی محلول و دومی نامحلول در آب می باشد.

۱۱- گزینه ۳ صحیح می باشد.

فراوانترین قند آلدئیدی و کتونی طبیعت به ترتیب گلوکز و فروکتوز هستند

۱۲- گزینه ۳ صحیح می باشد.

گلیکوژن همپولی ساکاریدی شبیه آمیلوپکتین است که صرفا از واحدهای مونوری گلوکز تشکیل شده است.

۱۳- گزینه ۴ صحیح می باشد.

رنگدانه گوشت های عمل آوری شده نیتروزمیوگلوبین است که یک رنگدانه صورتی می باشد، در صورتی که علاوه بر عمل آوری گوشت پخته (شل سوسیس) هم شود رنگدانه نیتروزیل هموکروم خواهد بود.

۱۴- گزینه ۱ صحیح می باشد.

رافینوز فراوان ترین تری ساکارید طبیعت است که ساختار آن به صورت زیر است.

فروکتوز  $\beta(1 \rightarrow 2)$   $\alpha(1 \rightarrow 6)$  گالاکتوز

۱۵- گزینه ۲ صحیح می باشد.

یکی از ویژگی های جالب سفید تخم مرغ توانایی آن در کف کردن است که مسئول ایجاد کف لیزوزیم و مسئول ثبات کف اووموسین است.

۱۶- گزینه ۱ صحیح می باشد.

از نظر شیمیایی استرول دسته ای از ترکیبات استروئیدی هستند که دارای یک گروه هیدروکسیل در کربن شماره ۳ و زنجیره ای خطی در روی کربن شماره ۱۷ هستند.

۱۷- گزینه ۴ صحیح می باشد.

ویژگی مهم نشاسته های از پیش ژلاتینه شده حلالیت در آب سرد است.

۱۸- گزینه ۴ صحیح می باشد.

علت اصلی ایجاد رنگ در پوسته نان واکنش میلارد (کربین آمین) می باشد اما به مقدار کمتری کارامل شدن و ایجاد پیرو دکسترین ها (ناشی از تجزیه حرارتی نشاسته) وجود دارد.

۱۹- گزینه ۳ صحیح می باشد.

ترکیب حاصل از هیدرولیز نشاسته تا  $DE < 20$  را مالتودکسترین می نامند این ترکیب به عنوان قوام دهنده و جایگزین چربی در صنایع غذایی نقش دارد.

۲۰- گزینه ۲ صحیح می باشد.

هرچه تعداد باندوگانه افزایش یابد سرعت اتواکسیداسیون افزایش می یابد. همچنین اسیده های چرب مزدوج نسبت به انواع غیر مزدوج بیشتری دچار اکسیداسیون می شوند.

- ۲۱ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.  
گاهی برای بهبود شرایط روغن‌های با کیفیت بد (یعنی دارای تندیس PV، پراکسید بالا) آن را با یک روغن خوب مخلوط می‌کنند، این کار هرچند اندیس پراکسید را کاهش می‌دهد اما عمر نگهداری روغن را کاهش می‌دهد.
- ۲۲ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.  
یکی از تفاوت‌های اساسی برگشت طعم و اتواکسیداسیون در طعم نهایی فراورده است. که در اتواکسیداسیون طعم نهایی ایجاد شده برای چربی‌های متفاوت یکسان بوده و در واکنش برگشت، طعم ایجاد شده برای روغنی متفاوت از؟ دیگر است.
- ۲۳ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.  
وجود را منوز در ساختار پکتین سبب می‌شود که زنجیره پکتین حالتی مارپیچ به خود بگیرد.
- ۲۴ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.  
صمغ‌ها را به دو دسته خطی و انشعابی تقسیم می‌کنند. صمغ‌های خطی فضای بیشتری اشغال می‌کنند در نتیجه نسبت به صمغ‌های انشعابی با همان وزن مولکولی ویسکوزتر هستند این گروه تمایل بیشتری به تشکیل ژل دارند. اما صمغ‌های انشعابی آسان‌تر ژل تشکیل می‌دهند.
- ۲۵ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.  
صمغ کارایا یکی از صمغ‌های تراویده گیاهی است که از واحدهای D گالاکتورونیک اسید، L را منوز و D گالاکتوز تشکیل می‌شود در آب حل نمی‌شود و به علت تشابه با کتیرا از آن به عنوان تقلب یا جایگزین این صمغ استفاده می‌شود.
- ۲۶ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.  
محلول غلیظ قندها در شرایط اسیدی و دمای محیط دچار واکنش برگشت شده و دی ساکاریدهای برگشتی شکل می‌گیرند.
- ۲۷ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.  
لیپاز در بین آنزیم‌ها بیشترین مقاومت را به تابش  $a_w$  دارد به طوری که حتی در  $a_w = 0.3$  وقتی کمتر نیز فعالیت خود را تا حدودی حفظ می‌کند.
- ۲۸ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.  
پروتئین‌های سارکوپلاسمی محلول در آب هستند.
- ۲۹ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.  
فسوتین یک فسوگلیکوپروتئین است که کم‌ترین وزن مولکولی را بین پروتئینهای زرده دارند.
- ۳۰ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.  
پروتئینهای حبوبات شامل سه گروه آلبومین، گلوبولین و گلوبولین می‌باشد که بخش غالب آنها گلوبولین می‌باشد.

## سوالات سال ۱۳۸۸

۱ - گزینه ۴ صحیح می باشد.

سختی آب دونوع دائمی و موقتی می باشد، سختی دائمی ناشی از املاح سولفات و سیلیکات کلسیم و منیزیم و سختی موقتی ناشی از املاح بی کربنات کلسیم و منیزیم می باشد.

۲ - گزینه ۱ صحیح می باشد.

کاتالاز آنزیمی است که در گیاهان به جانوران و برخی میکروارگانیسمها یافت می شود این آنزیم مسئول تجزیه آب اکسیژنه ( $H_2O_2$ ) تولید شده در طی متابولیسم های اکسیداتیو می باشد. در ساختار این آنزیم آهن وجود دارد.

۳ - گزینه ۲ صحیح می باشد.

شبهه سه بعدی گلوتن مسئول نگهداری گاز  $CO_2$  تولید شده توسط مخمرها و در نتیجه حجیم شدن خمیر است.

۴ - گزینه ۱ صحیح می باشد.

کلاژن که از دسته پروتئین های بافت پیوندی می باشد از لحاظ ایجاد سفتی در گوشت حائز اهمیت است. اتصالات عرضی از نوع کووالانسی بین زنجیره های کلاژن وجود دارد که با افزایش آنها حلالیت کلاژن کاهش یافته و در نتیجه از میزان تردی گوشت کاسته می شود.

۵ - گزینه ۳ صحیح می باشد.

به مبحث PH ایزوالکتریک در فصل پروتئین ها مراجعه شود.

۶ - گزینه ۴ صحیح می باشد.

با افزایش میزان باندهای دوگانه اندیس یدی و نقطه ذوب کاهش و اندیس رفاکت روتن افزایش می یابد.

۷ - گزینه ۲ صحیح می باشد.

در پدیده برگشت سم اسید لینولینک و ایزولینولنیک نقش دارند.

۸ - گزینه ۱ صحیح می باشد.

کاروتنوئیدها به سبب دارابودن تعداد زیادی باند و گاز مزدوج در واکنش اتواکسیداسیون خاصیت تشدیدکنندگی (پروکسیدانی) دارند اما همین ترکیبات در واکنش فتواکسیداسیون نقش ممانعت کننده (آنتی اکسیدانسی) دارند.

۹ - گزینه ۲ صحیح می باشد.

اندیس کرشنر میزان اسید بوتیریک  $C_4:0$  را نشان می دهد.

۱۰ - گزینه ۳ صحیح می باشد.

جهت معلق سازی پودر کاکائو در هنگام تولید شیر شکلاتی از کاراگینان که نوعی صمغ دریایی است استفاده می شود.

۱۱ - گزینه ۱ صحیح می باشد.

HCB معیاری جهت ارزیابی کارایی یک آنتی اکسیدان است.

امولسیفای مناسب جهت امولسیون های w/o HLB=3-6

امولسیفای مناسب جهت مرطوب کننده HLB=7-9

امولسیفایی مناسب جهت امولسیون‌های  $o/w$   $HLB = 8-18$

۱۲ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.

در اثر اعمال حرارت و اسید قوی بر روی قندها آب از ساختار آنها خارج شده و ترکیبات حلقوی تشکیل می‌شود در این حالت از پنتوزها ترکیبی به نام فورفورال و از هگزوزها هیدروکسی متیل فورفورال ایجاد می‌شود.

۱۳ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.

زنجیره اصل پکتین از واحدهای متوالی D گالاکتورونیک اسید با اتصالات  $(1 \rightarrow 4)$   $\alpha$  ایجاد می‌شود.

۱۴ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.

جهت ایجاد الکل قندها، عامل آلدیدی یاکتونی آنها با جذب هیدروژن احیاء می‌شود بنابراین گلوکسیتول (سوربیتول) که الکل قند حاصل از گلوکز یا فروکتوز است فاقد گروه آلدئیدی می‌باشد.

۱۵ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.

در ساختار همی سلولز و پنتوزان غلات D گزیلوز و L آرابینوز وجود دارد علاوه بر این دو قند اصلی D گالاکتوز و D گلوکز، اسید D گلوکورونیک نیز یافت می‌شود.

۱۶ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.

در قندهای سری D گروه  $CH_2OH$  آخری در بالای حلقه و برای انواع L در پائین حلقه قرار دارد.

۱۷ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.

سلوبیوز دی ساکارید احیاء کننده‌ای است که از اتصال دو مولکول گلوکز، پیوند  $\beta(1 \rightarrow 4)$  تشکیل می‌شود و ساختار اصلی سلولز را شکل می‌دهد.

۱۸ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.

پکتین‌های طبیعی همگی از گروه پکتین‌های پراستر طبقه‌بندی می‌شوند این گروه جهت ایجاد ژل به قند و اسید بالای نیاز دارند.

۱۹ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.

آب دارای خواص گرمایی بالایی می‌باشد این خواص غیر معمول آب از ساختمان مولکولی آب که ترکیبی قطبی است و نیز توانایی آن در برقراری پیوند هیدروژنی ناشی می‌شود.

۲۰ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.

بین ایزوترم جذب و ایزوترم دفع تفاوت وجود دارد و این دو منحنی برهم منطبق نیستند به عبارتی همواره منحنی هم دمای دفع اندکی بالاتر از هم دمای جذب قرار می‌گیرد این فاصله که بین دو منحنی ایجاد می‌شود تشکیل حلقه‌ای را می‌دهد که از آن تحت عنوان حلقه هیستریزس نام می‌برند.

۲۱ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.

هرگاه خمیر داغ نشاسته به آهستگی سرد شود مولکول‌های آمیلوزی که از گرانول‌های متورم شده به بیرون نشت کرده‌اند به هم نزدیک شده بین آنها پیوندهای هیدروژنی شکل می‌گیرد این امر تحت عنوان رتروگراداسیون نامیده می‌شود.

۲۲ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.

دسکتران از دسته مخ‌های کیریوی و گوار از جمله صمغ‌های بدست آمده از دانه‌ها می‌باشد. توجه شود که آگار یک صمغ جلبکی است.

۲۳ - گزینه ۱ صحیح می‌باشد.

ساختارهای ماریپیچی ( $\alpha$ Helix) و ورقه‌ای ( $\beta$ Sheet) هر دو ساختمان دوم پروتئین‌ها را شکل می‌دهند که به ترتیب ناشی از پیوندهای هیدروژنی درون مولکولی و بین مولکولی می‌باشند.

۲۴ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.

ویسینین از گروه پروتئین‌های گلوبولینی حیوانات است

۲۵ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.

هیدرولیز اسیدی پروتئین‌ها کم هزینه‌ترین و رایج‌ترین روش هیدرولیز پروتئین‌هاست در این روش پدیده را سمیک شده رخ نمی‌دهد اما تریپتوفان نابود می‌شود.

## منابع و ماخذ

- حامدی، میرمنوچهر، شیمی مواد غذایی جلد ۱ و ۲، ۱۳۸۷، مرکز نشر دانشگاهی
- سیدین، سید مهدی، درس‌نامه شیمی مواد غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات عزت‌پناه، حمیدرضا، درس‌نامه شیمی مواد غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات عزیزاده، محمد، مکانیزم و تئوری در شیمی مواد غذایی، ۱۳۸۰ مؤسسه انتشاراتی اصلانی
- فاطمی، حسن، شیمی مواد غذایی، چاپ اول، ۱۳۷۸، شرکت سهامی انتشار
- قنبرزاده، بابک، جزوه شیمی مواد غذایی، ۱۳۸۵، انتشارات پارسه
- قنبرزاده، بابک، شیمی مواد غذایی (ترجمه) چاپ اول، ۱۳۸۲، نشر آئیژ

