



انديشه ارشد

## مجموعه نکته و تست

# علوم و مهندسی صنایع غذایی

«درسنامه جامع علوم و مهندسی صنایع غذایی»

مجموعه نکات طلایی و آزموننی طبقه‌بندی شده  
شامل ۲۰۰۰ نکته مهم و کلیدی از مباحث آزمون

سؤالات طبقه‌بندی شده براساس سر فصل‌های مصوب  
با پاسخ‌های کاملاً تشریحی همراه با رفرنس‌دهی

شیمی مواد غذایی

میکروبیولوژی مواد غذایی

تکنولوژی مواد غذایی (تکنولوژی لبنیات، قند، روغن، غلات، کنسرو، اصول نگهداری)

اصول طراحی کارخانجات و مهندسی صنایع غذایی

مؤلفین:

دکتر میثم کمیجانی

(دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی از دانشگاه تهران)

مهندس عباس هاشمی

(کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی از دانشگاه تهران)

## فهرست

### بخش اول: شیمی مواد غذایی

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| فصل اول: آب                                   | ۸  |
| فصل دوم: کربوهیدرات‌ها                        | ۱۲ |
| فصل سوم: پروتئین‌ها                           | ۱۹ |
| فصل چهارم: لیپیدها                            | ۲۶ |
| فصل پنجم: کلئیدها                             | ۳۷ |
| فصل ششم: مکانیسم‌های قهوه‌ای شدن              | ۴۰ |
| فصل هفتم: آنزیم‌ها                            | ۴۴ |
| فصل هشتم: رنگ‌ها                              | ۵۲ |
| فصل نهم: ویتامین‌ها                           | ۵۶ |
| نمونه سوالات آزمون‌ی شیمی مواد غذایی          | ۶۲ |
| پاسخنامه نمونه سوالات آزمون‌ی شیمی مواد غذایی | ۶۸ |

### بخش دوم: میکروبیولوژی مواد غذایی

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| فصل اول: شناخت میکروارگانیسم‌ها                         | ۸۲  |
| فصل دوم: رشد میکروارگانیسم‌ها و عوامل موثر بر رشد آن‌ها | ۹۷  |
| فصل سوم: روش‌های نگهداری مواد غذایی                     | ۱۱۱ |
| فصل چهارم: فساد مواد غذایی                              | ۱۲۵ |
| فصل پنجم: شناسایی میکروارگانیسم‌ها و محیط‌های کشت       | ۱۳۶ |
| نمونه سوالات آزمون‌ی میکروبیولوژی مواد غذایی            | ۱۴۳ |
| پاسخنامه نمونه سوالات آزمون‌ی میکروبیولوژی مواد غذایی   | ۱۵۰ |

### **بخش سوم: (دفتر اول) تکنولوژی مواد غذایی (لبنیات)**

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| فصل اول: مقدمه و ترکیبات شیر   | ۱۶۰ |
| فصل دوم: جمع‌آوری و انتقال شیر | ۱۷۳ |
| فصل سوم: فرآورده‌های شیر خام   | ۱۷۶ |
| فصل چهارم: فرآورده‌های لبنی    | ۱۸۵ |

### **بخش سوم: (دفتر دوم) تکنولوژی مواد غذایی (قند)**

|              |     |
|--------------|-----|
| تکنولوژی قند | ۲۱۴ |
|--------------|-----|

### **بخش سوم: (دفتر سوم) تکنولوژی مواد غذایی (روغن)**

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| فصل اول: انواع روغن‌های خوراکی                                   | ۲۴۲ |
| فصل دوم: آماده‌سازی و استخراج دانه‌های روغنی                     | ۲۴۹ |
| فصل سوم: تصفیه روغن‌های نباتی (صمغ‌گیری، تصفیه، رنگبری و بوگیری) | ۲۵۵ |
| فصل چهارم: هیدروژناسیون، وینترایز کردن، شورتنینگ و مارگارین      | ۲۶۵ |

### **بخش سوم: (دفتر چهارم) تکنولوژی مواد غذایی (غلات)**

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| فصل اول: ساختار گندم                              | ۲۷۶ |
| فصل دوم: اجزای تشکیل دهنده در غلات                | ۲۷۹ |
| فصل سوم: آشنایی با سیلوها و تأسیسات ذخیره‌ای غلات | ۲۹۷ |
| فصل چهارم: تهیه آرد از گندم                       | ۳۰۲ |
| فصل پنجم: تکنولوژی نان                            | ۳۰۸ |
| فصل ششم: ارزیابی آرد و خمیر                       | ۳۱۷ |
| فصل هفتم: فرآورده‌های حاصل از گندم نرم            | ۳۲۳ |

### **بخش سوم: (دفتر پنجم) تکنولوژی مواد غذایی (کنسرو)**

فصل اول: اصول تولید و فرآوری ..... ۳۳۰

فصل دوم: فرآورده‌های کنسروی ..... ۳۵۸

### **بخش سوم: (دفتر ششم) تکنولوژی مواد غذایی (اصول نگهداری)**

فصل اول: مبانی و اهمیت نگهداری مواد غذایی ..... ۳۸۲

فصل دوم: روش‌های نگهداری مواد غذایی ..... ۳۹۵

نمونه سوالات آزمونی تکنولوژی مواد غذایی ..... ۴۱۴

پاسخنامه نمونه سوالات آزمونی تکنولوژی مواد غذایی ..... ۴۲۹

### **بخش چهارم: (دفتر اول) اصول طراحی کارخانجات**

فصل اول: مقدمه‌ای بر طراحی کارخانجات مواد غذایی ..... ۴۵۶

فصل دوم: طراحی ساختمان‌ها و مصالح مورد استفاده در کارخانه ..... ۴۵۸

فصل سوم: طراحی کارخانه‌های فرآوری مواد غذایی ..... ۴۶۹

فصل چهارم: تأمین آب و سیستم‌های فاضلاب ..... ۴۷۲

فصل پنجم: دستگاه‌ها و ماشین‌آلات در صنایع غذایی ..... ۴۷۶

فصل ششم: نقاله‌ها و پمپ‌ها در صنایع غذایی ..... ۴۸۰

فصل هفتم: خوردگی ..... ۴۸۲

فصل هشتم: مباحث اقتصادی در صنایع غذایی ..... ۴۸۶

## بخش چهارم: (دفتر دوم) اصول مهندسی صنایع غذایی

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| فصل اول: آحاد و ابعاد .....                                                  | ۴۹۰ |
| فصل دوم: موازنه جرم و انرژی .....                                            | ۴۹۷ |
| فصل سوم: مکانیک سیالات .....                                                 | ۵۰۵ |
| فصل چهارم: سایکرومتری .....                                                  | ۵۲۳ |
| فصل پنجم: انتقال حرارت .....                                                 | ۵۳۱ |
| فصل ششم: ترمودینامیک .....                                                   | ۵۴۴ |
| نمونه سوالات آزمونی اصول طراحی کارخانجات و مهندسی صنایع غذایی .....          | ۵۵۰ |
| پاسخنامه نمونه سوالات آزمونی اصول طراحی کارخانجات و مهندسی صنایع غذایی ..... | ۵۵۹ |

بخش اول

شیمی مواد غذایی

## فصل اول

### آب

• آب موجود در ماده غذایی در ترکیب با سایر اجزای ماده قرار دارد. ترکیبات سازنده و ماهیت این مواد در پارامترهایی هم چون فشار بخار، دمای انجماد، نقطه جوش و فشار اسمزی تأثیرگذار است. با افزایش تعداد ذرات حل شده نقطه فشار بخار کاهش، نقطه جوش افزایش، نقطه انجماد کاهش و فشار اسمزی افزایش می یابد.

• **لایه های مختلف آب عبارتند از:** آب تک لایه (پیوسته، لانگمیر، جذبی، متصل، BET)، آب چندلایه و لایه آب آزاد (متحرک، موئین، کندانس). هر چه آب متصل یک بافت زیادتر باشد صدمات کمتری در حین خروج از حالت انجماد می بیند. آب متصل فاکتور مهمی در جلوگیری از تشکیل کریستال محسوب می شود. میزان آب غیرقابل انجماد (آب متصل) بستگی به میزان پروتئین دارد. هر چه میزان پروتئین بیشتر شود میزان آب متصل نیز افزایش می یابد.

• **مقدار رطوبت تکه لایه BET** نشان دهنده مقدار رطوبتی است که در آن ماده غذایی پایدارترین شکل خود را دارا است در میزان کمتر از این مقدار اکسیداسیون چربی ها با سرعت بیشتری صورت می گیرد و در رطوبتی بیشتر از آن قهوه ای شدن غیر آنزیمی (واکنش میلارد) و سپس فعالیت های آنزیمی و میکروبی انجام می شود. مقدار آب تک لایه در مواد غذایی به محتوای پروتئین آن ها بستگی دارد و تقریباً به ازای هر گرم پروتئین حدود ۰/۴ گرم آب لایه وجود دارد. این آب شدیداً توسط پیوندهای هیدروژنی، یونی و دوقطبی به اجزای مواد غذایی متصل است. از خصوصیات آن چگالی زیاد است، که قادر به حل کردن نمک ها نیست و به سادگی تبخیر نمی شود. این آب در هیچ درجه حرارتی منجمد نمی شود. آب تک لایه نمی تواند به صورت حلال عمل کند و در واکنش های شیمیایی شرکت نمی کند. فرآیند اتواکسیداسیون در این لایه به سرعت رخ می دهد.

• **آب چندلایه** به لایه های متعددی از مولکول های آب اشاره دارد که پس از لایه ی اول (آب تک لایه) بر روی سطح ماده شکل می گیرند. اتصال ضعیف تر از آب تک لایه دارند و پیوندهای بین مولکول های آب چندلایه و سطح ماده ضعیف تر از آب تک لایه است، اما هنوز نسبت به آب آزاد پیوندهای قوی تری دارد. مولکول های آب در این حالت مقداری آزادی حرکت دارند، اما همچنان

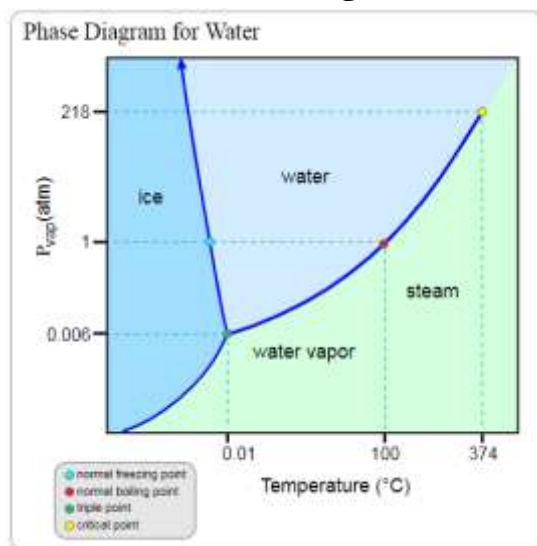
در مقایسه با آب آزاد محدودتر هستند. در دماهای پایین‌تر، این نوع آب می‌تواند منجمد شود. آب چندلایه ممکن است به عنوان حلال عمل کند، اما به اندازه‌ی آب آزاد مؤثر نیست. آب چندلایه دارای اتصالات هیدروژنی است.

• **لایه آب آزاد** به بخشی از آب در سیستم‌های مختلف (به ویژه در بیوفیزیک و علم مواد) اشاره دارد که به طور کامل آزاد است و با محیط اطراف خود تعامل شیمیایی یا فیزیکی خاصی ندارد. این آب برخلاف آب‌های محدودشده یا جذب‌شده، به صورت مایع باقی می‌ماند و خواص دینامیکی مشابه آب معمولی دارد با این تفاوت که به دلیل اجزای حل شده در آن دارای فشار بخاری کمتری از آب خالص دارد. به سهولت منجمد شده و در دسترس میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرد. این لایه حاصل فشردن یا جویدن ماده غذایی است.

• بافت‌هایی که دارای مقادیر زیادی آب متصل هستند نسبت به بافت‌هایی که دارای مقادیر کمتری هستند در هنگام خروج از انجماد صدمات کمتری می‌بینند.

• عدم انطباق منحنی هم‌دمای جذب و هم‌دمای دفع بر هم سبب پدیده هیسترسیس می‌گویند. در این پدیده منحنی دفع بالاتر از منحنی جذب قرار دارد و علت آن تغییر طبیعت ماده غذایی و نابودی لوله‌های موئین است. افزایش دما یا فشار در یک فعالیت آبی ثابت سبب کاهش مقدار آب جذب شده و بزرگ‌تر شدن حلقه هیسترسیس و یا به عبارتی دور شدن منحنی‌ها از هم می‌شود.

• نمودار فازهای آب نشان‌دهنده حالت‌های مختلف آب در دماها و فشارهای گوناگون است. آب می‌تواند به سه فاز اصلی یعنی جامد (یخ)، مایع (آب) و گاز (بخار آب) تبدیل شود و این تغییرات بر اساس تغییر در دما و فشار صورت می‌گیرد. نمودار فاز این سه حالت را به تصویر می‌کشد.

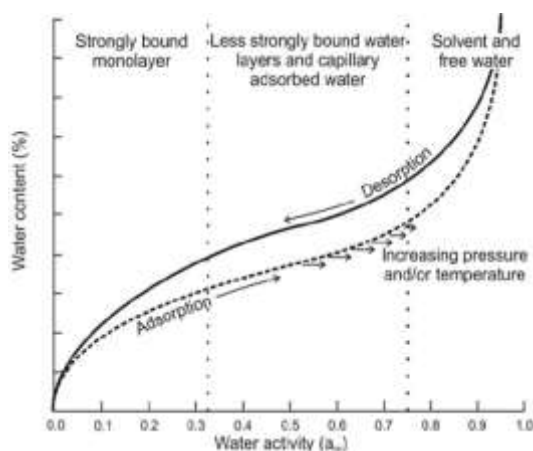


- **خطوط مرزی فازها:** خط جوش (مرز مایع و گاز): این خط نشان دهنده دماها و فشارهایی است که در آن آب از مایع به گاز تبدیل می شود. در فشار یک اتمسفر، آب در  $100^\circ\text{C}$  درجه سلسیوس می جوشد. خط ذوب (مرز جامد و مایع): این خط شرایطی را نشان می دهد که آب از جامد (یخ) به مایع تبدیل می شود. در فشار یک اتمسفر، آب در  $0^\circ\text{C}$  درجه سلسیوس ذوب می شود. خط تصعید (مرز جامد و گاز): این خط دماها و فشارهایی را نشان می دهد که در آن یخ مستقیماً به بخار تبدیل می شود (تصعید). این اتفاق در فشارهای خیلی کم و دماهای پایین رخ می دهد. نقطه سه گانه یا Triple Point در این نقطه، آب می تواند به طور هم زمان در سه حالت جامد، مایع و گاز باشد. نقطه سه گانه آب در فشار  $0.006^\circ\text{C}$  اتمسفر و دمای  $273.15^\circ\text{C}$  کلوین یا  $0.01^\circ\text{C}$  درجه سلسیوس رخ می دهد. نقطه بحرانی یا Critical Point در نقطه ای خاص، آب در دما و فشار بسیار بالا به حالت سیال فوق بحرانی تبدیل می شود که در آن دیگر تفاوت مشخصی بین مایع و گاز وجود ندارد. این دما و فشار برای آب به ترتیب حدود  $374^\circ\text{C}$  درجه سلسیوس و  $218^\circ\text{C}$  اتمسفر است.
  - **سختی آب** به میزان حضور یون های معدنی، به ویژه کلسیم و منیزیم، در آب اشاره دارد. این یون ها باعث می شوند که آب نتواند به خوبی کف کند و همچنین می تواند باعث ایجاد رسوبات در سیستم های گرمایشی، لوله ها و وسایل خانگی شود. به طور کلی، سختی آب به دو نوع تقسیم می شود: سختی موقت و سختی دائم.
  - **سختی موقت** که به آن سختی کربناته نیز می گویند به دلیل وجود بی کربنات های کلسیم و منیزیم ایجاد می شود. این نوع سختی به راحتی از بین می رود و با جوشاندن آب می توان آن را حذف کرد. در طی جوشاندن، بی کربنات ها به کربنات های نامحلول تبدیل می شوند و رسوب می کنند. همچنین برای برطرف کردن سختی موقت می توان به آب کربنات سدیم یا کلسیم هیدروکسید (شیر آهک) اضافه کرد. سختی دائم به دلیل وجود سولفات ها و کلریدهای کلسیم و منیزیم است. این نوع سختی با جوشاندن آب از بین نمی رود و برای حذف آن باید از روش های شیمیایی یا دستگاه های تصفیه آب استفاده کرد.
  - ضریب هدایت حرارتی تعیین کننده میزان رسانش گرمایی یک ماده است. در مورد ضریب هدایت حرارتی روند زیر برقرار است:
- هوا  $K >$  چربی  $K >$  پروتئین  $K >$  کربوهیدرات  $K >$  آب  $K >$  یخ  $K$
- **فعالیت آبی** یکی از مهم ترین عواملی است که بر رشد میکروارگانیسم ها تأثیر می گذارد. فعالیت آبی به معنای میزان آب موجود در یک ماده غذایی یا محیط است که برای رشد میکروارگانیسم ها در دسترس است. به طور دقیق تر، به صورت نسبت فشار بخار آب موجود در ماده به فشار بخار آب خالص در همان دما تعریف می شود. مقدار  $a_w$  بین  $0$  تا  $1$  اندازه گیری می شود، جایی که  $1$  نشان دهنده آب خالص است. بیشتر باکتری ها برای رشد به (معمولاً بالاتر از  $0.9$ ) نیاز دارند.

باکتری‌های بیماری‌زا مانند اش‌ریشیا کلای و سالمونلا به بالای ۰/۹۵ نیاز دارند. مخمرهای معمولی در  $a_w$  برابر با ۰/۸۸، کپک‌های معمولی در ۰/۸، باکتری‌های نمک دوست ۰/۷۵، کپک‌های خشکی دوست ۰/۶۵ و مخمرهای اسموفیل ۰/۶ رشد می‌کنند.

• فعالیت آبی مورد نیاز برای حداکثر فعالیت لیپازها کمتر از ۰/۲ است. واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی در فعالیت آبی ۰/۷-۰/۶ انجام می‌گیرد. بیشترین فساد میکروبی در فعالیت آبی ۰/۸۵-۰/۷ است. پس می‌توان گفت که ماده غذایی در فعالیت آبی ۰/۴-۰/۲ بیشترین پایداری را در برابر فعل‌وانفعالات میکروبی و شیمیایی دارد. فعالیت‌های آنزیمی در مقادیر  $a_w$  کمتر از مقدار تک لایه BET متوقف می‌شوند. علت این امر تحرک کم سوبسترا و عدم توانایی آن در نفوذ به نقطه فعال است. اکثر آنزیم‌ها در فعالیت آبی کمتر از ۸۵ درصد بی‌اثر هستند.

• ایزوترم جذب (عموماً برای فرآورده‌های جاذبه الرطوبه یا هیگروسکوپیک) و ایزوترم دفع (فرایند خشک شدن) دو منحنی هستند که رابطه بین رطوبت نسبی (محیط) و محتوای رطوبت یک ماده را در دمای ثابت نشان می‌دهند. در ایزوترم جذب در ناحیه اولیه مقدار کمی رطوبت جذب می‌شود. جذب رطوبت به آرامی افزایش می‌یابد. در ناحیه میانی جذب رطوبت به شدت افزایش می‌یابد. در اینجا، ماده به شکل فیزیکی رطوبت را جذب می‌کند. در ناحیه نهایی جذب رطوبت به حداکثر خود نزدیک می‌شود و به سمت اشباع پیش می‌رود. منحنی‌های جذب و دفع معمولاً به یکدیگر نزدیک هستند، اما بین آن‌ها یک حوزه هیستریس (hysteresis) وجود دارد. این بدین معناست که مقدار رطوبت موجود در ماده در هنگام جذب و دفع در یک دما ثابت، متفاوت است.



## فصل دوم

### کربوهیدرات‌ها

• **کربوهیدرات‌ها** یک منبع اصلی انرژی در رژیم غذایی ما هستند. از عناصر کربن (C)، هیدروژن (H) و اکسیژن (O) تشکیل شده‌اند. همچنین به آن‌ها "ساکارید" گفته می‌شود که به معنای "قندها" است. کربوهیدرات‌ها همراه با لیپیدها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و سایر ترکیبات به عنوان بیومولکول شناخته می‌شوند، زیرا ارتباط نزدیکی با موجودات زنده دارند. کربوهیدرات‌ها یا ساکاریدها رایج‌ترین دسته از بیومولکول‌ها هستند. کربوهیدرات‌ها از طریق فتوسنتز در گیاهان تولید می‌شوند. مونوساکاریدها، ساده‌ترین کربوهیدرات‌ها هستند که شامل یک واحد آلدئید یا کتون پلی‌هیدروکسی هستند (مانند گلوکز و فروکتوز). دی‌ساکاریدها از دو واحد مونوساکارید که به هم متصل شده‌اند، تشکیل شده‌اند (مانند ساکارز). الیگوساکاریدها شامل ۳ تا ۱۰ واحد مونوساکارید هستند (مانند رافینوز). پلی‌ساکاریدها زنجیره‌های بسیار طولانی‌ای از صدها یا هزاران واحد مونوساکارید هستند که می‌توانند به صورت مستقیم یا شاخه دار باشند (مانند سلولز، گلیکوژن و نشاسته). کربوهیدرات‌هایی مثل گلوکز در گیاهان از  $H_2O$ ،  $CO_2$  و انرژی خورشید سنتز می‌شوند. در سلول‌های زنده از طریق اکسیداسیون (تنفس) به  $H_2O$ ،  $CO_2$  و انرژی تبدیل می‌شوند. پسوندها - اولوز (Ulose-) برای قندهای کتونی بکار می‌رود و پسوندها - اوز (ose-) برای قندهای آلدیدی بکار می‌رود.

• **خواص فیزیکی مونوساکاریدها:** بیشتر مونوساکاریدها طعمی شیرین دارند (فروکتوز شیرین‌ترین است؛ ۷۳ درصد شیرین‌تر از ساکارز). در دمای اتاق به شکل جامد هستند. آن‌ها به شدت در آب حل پذیر هستند؛ با وجود وزن مولکولی بالای خود، حضور تعداد زیادی گروه هیدروکسیل (OH) باعث می‌شود مونوساکاریدها نسبت به بیشتر مولکول‌های با وزن مولکولی مشابه، حل‌پذیری بیشتری در آب داشته باشند. گلوکز می‌تواند در مقادیر بسیار کمی آب حل شود و شربت تشکیل دهد (۱ گرم گلوکز / ۱ میلی‌لیتر آب). مونوساکاریدها نسبت به شرایط اسیدی ضعیف مقاوم هستند در حالی که نسبت به قلیاها بسیار حساس می‌باشند. تمام مونوساکاریدها احیاکننده هستند.

### ▲ مهم‌ترین واکنش‌های شیمیایی قندها عبارت‌اند از:

۱- اکسیداسیون: الف) مونوساکاریدها در حضور یک اکسیدکننده ملایم تولید اسیدهای آلدونیک می‌کنند. در این واکنش فقط عامل آلدئیدی آلدوزها اکسید می‌گردد. ب) مونوساکاریدها در حضور یک اکسیدکننده شدید تولید اسیدهای آلداریک می‌کنند. در این واکنش علاوه بر عامل آلدئیدی، گروه  $\text{CH}_2\text{OH}$  انتهایی نیز اکسید می‌شود. ج) اگر عامل آلدئیدی به گونه‌ای محافظت شده و فقط گروه  $\text{CH}_2\text{OH}$  انتهایی اکسید شود، اورونیک اسیدها تشکیل می‌شوند.

۲- احیاء: عوامل کربونیلی مونوساکاریدها در حضور ترکیبات احیاء کننده سبب تولید قندهای الکلی (آلدیتول‌ها) می‌شوند. قندهای الکلی را می‌توان در رژیم غذایی بیماران دیابتی استفاده نمود (قندهای الکلی به طور کامل در بدن هضم و جذب نمی‌شوند و کالری کمتری تولید می‌کنند، بنابراین افزایش قند خون آن‌ها کمتر از قندهای معمولی است). قندهای الکلی احیاء کننده نیستند. سوربیتول معروف‌ترین قند الکلی است که از احیای گلوکز به دست می‌آید و خاصیت جذب آب بالایی دارد و مصرف زیاد آن خاصیت ملین دارد. از احیاء گلوکز، گلوسیتول (سوربیتول)، از احیاء فروکتوز، سوربیتول یا مانیتول و از احیاء گالاکتوز، گالاکتیتول (دولسیتول) به وجود می‌آید. از احیای زایلوز، زایلیتول تولید می‌کند که در آدامس‌ها به کار می‌رود، زیرا توسط میکروب‌های دهان تخمیر نمی‌شود.

۳- تشکیل گلیکوزیدها: گروه کربونیل قندها می‌تواند در یک محیط اسیدی ملایم با الکل ترکیب شود و با از دست دادن یک مولکول آب تولید گلیکوزید نمایند. این ترکیبات غیر احیاءکننده هستند. گلیکوزیدها به وسیله اسید یا آنزیم (گلیکوزیداز) هیدرولیز شده، در حالی که در برابر قلیاها مقاومت نشان می‌دهند. به بخش قندی گلیکوزید گلیکون (Glycone) و به بخش غیرقندی آن آگلیکون (Aglycone) می‌گویند. بسیاری از آنتوسیانین‌ها، کاروتنوئیدها، فلاونوئیدها جزء گلیکوزیدها محسوب می‌شوند. از گلیکوزیدهای مهم می‌توان به سینیگرین (در روغن خردل)، آمیگدالین عامل تلخی بادام (یک گلیکوزید سیانوژنی شامل گلیکون: جنتوبیوز (گلوکز-گلوکز- $\beta$  6→1) و آگلیکون: بنز آلدهید و اسید سیانیدریک)، سولانین (ترکیب سبز و سمی در سیبزمینی و پیاز نور دیده و جوانه زده، گلیکون: گلوکز، گالاکتوز و رامنوز و آگلیکون: آلکالوئید استروئیدی به نام سولانیدین)، ساپونین (عامل کف‌ساز در ریشه چغندرقد، وجود آن در صنایع تولید نوشابه مضر است)، کروسین (رنگ‌دانه اصلی زعفران، یک کاروتنوئید، گلیکون: دو واحد گلوکز و آگلیکون: کروتستین) و گلیسرین (عامل شیرینی ریشه شیرین‌بیان، گلیکون: دو مولکول قند گلوکورونیک اسید و آگلیکون: گلیسریتینیک اسید) اشاره کرد. همچنین گلیکوزیدها از لحاظ پیوند بین جزء قندی و غیرقندی به سه دسته سه نوع O-گلیکوزید (گلیکوزیدهای فلاونوئیدی، گلیکوزیدهای

ایزوفلانوئیدی، ساپونین ها و گلیکوزیدهای آنتوسیانین)، N- گلیکوزید (گلیکوزیدهای آلکالوئیدی مانند کافئین، گلیکوزیل آمین در واکنش میلارد) و S- گلیکوزید (سینیگرین) تقسیم می شوند.

۴- تشکیل قندهای آمینه: با جایگزینی گروه آمین به جای گروه هیدروکسیل متصل به کربن شماره ۲ در مولکول مونوساکاریدها، قند آمینه تشکیل می شود.

۵- توانایی شرکت در واکنش میلارد (نیاز به حضور هیدروکسیل قند احیاکننده و گروه آمینی پروتئین).

۶- احیاء معرف فهلینگ (قندهای احیاکننده)

۷- پدیده موتاروتاسیون (تغییر بین اشکال آلفا و بتا قند احیاکننده)

۸- تشکیل اسازون ها (واکنش قند احیاکننده با فنیل هیدرازین برای تولید اوزازون ها)

۹- تشکیل قندهای داکسی: داکسی قندها قندهایی هستند که یک یا چند گروه هیدروکسیل (—OH) آن ها با اتم هیدروژن (H—) جایگزین شده است. رامنوز و ۲-داکسی ریبوز مهم ترین آن ها هستند.

- برای واکنش میلارد، احیا معرف فهلینگ، تشکیل اسازون نیاز به قند احیاکننده است.
- خواص مختلف قندها شامل به آنومری بودن آلفا و بتا و فرم D و L اشاره کرد. در ساختار آنومری آلفا: گروه  $\text{CH}_2\text{OH}$  انتهایی و OH متصل به کربن آنومری در دو جهت متفاوت قرار دارند (یکی بالا و یکی پایین). در ساختار آنومری بتا: گروه  $\text{CH}_2\text{OH}$  انتهایی و OH متصل به کربن آنومری در یک سمت قرار گرفته اند (هر دو بالا یا هر دو پایین). در فرم D گروه  $\text{CH}_2\text{OH}$  انتهایی بالا و در فرم L گروه  $\text{CH}_2\text{OH}$  انتهایی در پایین قرار می گیرد.
- چنانچه در مونوساکارید از نظر شکل فضایی فقط در اطراف یک کربن مشخص با یکدیگر تفاوت داشته باشند از این دو تحت عنوان اپی مر یاد می شود. مانوز، اپی مر ۲ گلوکز می باشد. گالاکتوز، اپی مر ۴ گلوکز می باشد. فروکتوز، اپی مر ۵ سوربوز می باشد.
- هگزوزها در اثر حرارت دهی و شرایط اسیدی بالا تولید ماده ای به نام هیدروکسی متیل فورفورال و پنتوزها تولید فورفورال می کنند.
- مهم ترین دی و اولیگوساکاریدها شامل:

۱- ساکارز: قند شکر؛ گلوکز-فروکتوز ( $\alpha \rightarrow 1$ )

۲- لاکتوز: قند شیر؛ گالاکتوز-گلوکز ( $\beta \rightarrow 1$ )

۳- مالتوز: قند مالت؛ گلوکز-گلوکز ( $\alpha \rightarrow 1$ )

۴- تrehalose: قارچ ها؛ گلوکز-گلوکز ( $\alpha \rightarrow 1$ )

۵- ایزومالتوز: هضم نشاسته؛ گلوکز-گلوکز ( $\alpha \rightarrow 1$ )

۶- لاکتولوز: ملین؛ گالاکتوز-فروکتوز ( $\beta \rightarrow 1$ )

۷- سلوبیوز: تجزیه سلولز؛ گلوکز-گلوکز ( $\beta-1 \rightarrow 4$ )

۸- جنتوبیوز: گیاهان؛ گلوکز-گلوکز ( $\beta-1 \rightarrow 6$ )

۹- سوفوروز: قارچ‌ها؛ گلوکز-گلوکز ( $\beta-1 \rightarrow 2$ )

۱۰- ملی‌بیوز: غلات؛ گالاکتوز-گلوکز ( $\alpha-1 \rightarrow 6$ )

۱۱- رافینوز: چغندر؛ گالاکتوز-گلوکز-فروکتوز ( $\alpha-1 \rightarrow 2, \alpha-1 \rightarrow 6$ )

۱۲- استاکیوز: سویا؛ گالاکتوز-رافینوز

۱۳- ورباسکوز: دانه‌ها؛ گالاکتوز-استاکیوز

۱۴- آجوگوز؛ گالاکتوز-ورباسکوز

۱۵- ملی‌زیتوز: عسل و شیر گیاهان؛ گلوکز-گلوکز ( $\alpha-1 \rightarrow 3$ )

• **ساکاریدهای احیاکننده** شامل لاکتوز، مالتوز، ایزومالتوز، لاکتولوز، سلوبیوز، جنتوبیوز، سوفوروز، ملی‌بیوز و آجوگوز و **ساکاریدهای غیر احیاکننده** شامل ساکارز، تره‌هالوز، رافینوز، استاکیوز، ورباسکوز و ملی‌زیتوز هستند.

• **دی‌ساکارید لاکتوز** در مقایسه بیشتر قندهای دیگر از حلالیت خوبی برخوردار نیست و این موضوع باعث مشکلاتی در محصولات تغلیظ شده حاوی آن در دمای پایین می‌شود. حلالیت کم لاکتوز در بستنی می‌تواند سبب وجود کریستال‌های درشت و احساس نامطلوب دهانی به نام «حالت شنی» می‌شود.

• **نشاسته:** حدود ۷۵-۸۰ درصد نشاسته‌های معمولی را آمیلوپکتین و بقیه آن را آمیلوز تشکیل می‌دهد. آمیلوپکتین دارای اتصالات  $\alpha-1-4$  و  $\alpha-1-6$  و آمیلوز تنها دارای اتصالات  $\alpha-1-4$  است. در مولکول آمیلوپکتین معمولاً بعد از هر ۷-۸ واحد گلوکز یک شاخه انشعابی قرار دارد که خود شامل ۲۰-۳۰ واحد گلوکز است. آمیلوپکتین وزن مولکولی بالاتری نسبت به آمیلوز دارد. آمیلوپکتین نقش اصلی را در جذب آب و افزایش ویسکوزیته دارد. در رشته اصلی اتصال واحدهای گلوکز به صورت  $\alpha-1-4$  و در محل انشعاب  $\alpha-1-6$  است. آمیلوپکتین دارای ۳ نوع زنجیر است: ۱- زنجیره A: سینی زنجیره بدون شاخه است. ۲- زنجیره B: زنجیره‌های دیگر متصل به OH اولیه را حمل می‌کند. ۳- زنجیره C: دارای یک واحد گلوکز احیاء کننده است.

• نشاسته می‌تواند با ید رنگ آبی ایجاد کند که از این خاصیت برای شناسایی تقلبات در بعضی از اقلام غذایی استفاده می‌شود. تشکیل این رنگ اساساً به میزان یدی که در داخل مارپیچ قسمت خطی زنجیره خطی بستگی دارد، برای این منظور به حداقل ۹ دور مارپیچ که هر مارپیچ شامل ۶ واحد گلوکز (مجموعاً ۵۶ مولکول گلوکز) است، نیاز است. به این ترتیب در این میان تنها قسمت آمیلوز نشاسته است که باعث ایجاد رنگ آبی می‌شود و قسمت آمیلوپکتین فاقد این ویژگی است. چون

- در انشعاب‌های آن که دارای حالت خطی هستند بیش از ۳۰ مولکول گلوکز وجود ندارد، رنگ ایجاد شده توسط آمیلوپکتین قرمز است.
- ابعاد گرانول ریزتر نشاسته، میزان آمیلوز بیشتر، حضور قند و کمپلکس اسید چرب با نشاسته سبب بالاتر رفتن دمای ژلاسیون نشاسته می‌شود.

### مهم‌ترین نشاسته‌های اصلاح شده:

- ۱- نشاسته دارای **اتصالات عرضی** در اثر حضور اپی کلروهیدرین و اکسی کلرید فسفر ایجاد می‌شود که سبب افزایش پایداری و دمای تورم و خمیری شدن نشاسته می‌شود. همچنین نشاسته دارای **اتصالات عرضی** نمی‌گذارد و یسکوزیته محصول سریع کاهش یابد.
  - ۲- **نشاسته‌های اکسید شده** از فرآیند سوسپانسیون نشاسته با عوامل اکسیدکننده نظیر سدیم هیپو برمیت به دست می‌آیند. این نشاسته‌ها سبب کاهش ویسکوزیته، افزایش شفافیت خمیر و به تعویق انداختن روتروگراداسیون می‌شوند.
  - ۳- **نشاسته رقیق شده با اسید** به محض ژلاتیناسیون گرانول‌ها تجزیه می‌شوند و یک محلول یا خمیر با ویسکوزیته کم را به وجود می‌آورند.
  - ۴- **نشاسته فسفات** که محلول در آب سرد است و در تهیه محصولات منجمد کاربرد دارد چون مانع سینرزیس در هنگام دیفراسه می‌شود.
- محلول غلیظ قلیایی‌ها مانند سود یا پتاس، باعث پلیمری شدن و یا تجزیه قندها می‌گردد، ولی قلیایی‌های رقیق باعث توتومری قندها و تبدیل آن‌ها به یکدیگر می‌شوند. بدین ترتیب، فروکتوز و گلوکز و مانوز در محیط قلیایی رقیق می‌توانند به یکدیگر تبدیل شوند و این تبدیل‌ها با تشکیل شکل‌های حد واسطه آنولی، که آن‌دیول‌ها (Enediols) نامیده می‌شوند، همراه است. توتومری شدن قندها ممکن است تا چند ساعت به طول بیانجامد.
  - **سلولز** (کربوهیدرات ساختاری)، **گلیکوژن** (کربوهیدرات ذخیره‌ای در جانوران، قارچ‌ها و برخی مخمرها) و **نشاسته** (کربوهیدرات ذخیره‌ای در گیاهان) **هموپلی‌ساکارید** (فقط شامل مونوساکارید گلوکز) هستند.
  - **همی‌سلولز** (نامحلول در آب) و **پنتوزان** (محلول در آب)، **پکتین** و **صمغ‌ها** **هتروپلی‌ساکارید** محسوب می‌شوند.

- **سلولز** به صورت خطی است و از واحدهای متوالی گلوکز با اتصال بتا-۱-۴ (سلوبیوز) تشکیل شده است. پیوندها در سلولز فقط توسط گلوکوزیداز شکسته می‌شوند. درجه بالای کریستالیزاسیون در سلولز موجب افزایش قدرت کشش فیبرهای سلولزی می‌شود. نواحی آمورف سلولز آب جذب می‌کنند و متورم می‌شوند. وقتی رطوبت از غذا جدا می‌شود نواحی ژل آمورفی سلولز به صورت

فزاینده‌ای می‌توانند کریستال شوند. به همین دلیل خشک کردن غذاهای دارای سلولز نظیر سبزیجات باعث افزایش پایداری، کاهش پلاستیسیته و کاهش قدرت تورم می‌شوند.

• **همی سلولزها** نظیر سلولز در ساختمان دیواره سلول‌های گیاهی وجود دارند اما برخلاف تشابه اسمی اجزای متفاوتی نسبت به سلولز دارند. سلولز یک هموپلی ساکارید از جنس گلوکز ولی همی سلولز هتروپلی ساکارید است که معمولاً از ۲ تا ۴ نوع قند تشکیل شده است. در ساختمان همی سلولزها به میزان زیادی آرابینوز، گزیلوز، اسید گلورونیک و تا حدودی قندهای داکسی به کار رفته است. همی سلولزها در جریان تولید فرآورده‌های آردی اهمیت به سزایی دارد. این مواد بر توانایی جذب آب آرد و خصوصیات مخلوط شدن آن تأثیر مثبت و خوبی دارند و باعث بهبود کیفیت قرص نان می‌شوند.

• **پکتین** یک هترو پلی ساکارید می‌باشد که از واحدهای اسید گالاکتورونیک که برخی از گروه‌های کربوکسیل آن متیله شده اند تشکیل شده است. دو فاکتور مهم در تعیین خواص پکتین خصوصاً تشکیل ژل: ۱- طول زنجیره پکتین ۲-درجه استریفیکاسیون پکتین.

• پکتین‌ها در محیط اسیدی- قندی توانایی تشکیل ژل را دارند.

#### انواع پکتین‌ها:

۱- **پکتین‌های تند بند:** با شکر و اسید تشکیل ژل می‌دهند، pH مطلوب برای تشکیل ژل توسط این نوع پکتین ۳-۳/۴ می‌باشد، در این پکتین قدرت ژلی بستگی به وزن مولکولی آن دارد و این نوع پکتین از شروع به تشکیل ژل می‌نماید.

۲- **پکتین‌های کند بند:** در این نوع پکتین‌ها درجه استری شدن بین ۷۰-۵۰ درصد می‌باشد، این نوع پکتین‌ها با شکر و اسید تشکیل ژل می‌دهد، pH مطلوب جهت تشکیل ژل توسط این نوع پکتین‌ها بین ۳/۲-۲/۸ می‌باشند و در این نوع پکتین‌ها درجه استری شدن مهم‌ترین عامل در قدرت ژلی آن‌هاست.

۳- **پکتین کم استر:** در صورتی که درجه استری شدن پکتین کمتر از ۵۰ درصد باشد، با اسید و شکر تشکیل ژل نمی‌دهد اما با یون‌های کلسیم تشکیل ژل می‌دهد. در این نوع، قدرت ژلی بستگی به درجه استری شدن دارد به همین دلیل است که از پکتین‌های با متوکسیل کم جهت تولید مرباهای رژیمی استفاده می‌شود.

• به طور کلی افزایش درجه استری شدن، اسیدیته، قند و مقدار پکتین سبب افزایش دمای ژلاسیون و سرعت تشکیل ژل در پکتین می‌شود.

#### نکته: چند واژه و تعاریف آن‌ها:

❖ **در فرآیند سینرزیس (Syneresis)**، مایع از یک ژل جدا می‌شود؛ این پدیده در تولید پنیر و ژله‌ها دیده می‌شود.

❖ **سینرژسم (Synergism)** به معنای همکاری دو یا چند عامل برای ایجاد اثری بزرگ‌تر از مجموع اثرات جداگانه آن‌هاست؛ مثلاً داروهایی که اثر هم‌افزایی دارند.

❖ پدیده هیسترسیس (Hysteresis) نشان دهنده تأخیر یا وابستگی سیستم به تاریخچه تغییرات آن است، مانند رفتار مغناطیسی مواد یا واکنش‌های فیزیکی در مواد الاستیک.

### ▲ انواع منابع صمغ‌ها:

- ۱- صمغ عربی-تراکانت (کتیرا) و کارایا صمغ تراوشی از گیاهان
  - ۲- خرنوب و گوار صمغ دانه‌ای
  - ۳- آلژینات-کاراگینان-فورسلان و آگار صمغ مترشحه از منابع دریایی (جلبک‌ها)
  - ۴- و دکستران-ژلان-زانتان و لوان صمغ‌های مترشحه از میکروب‌ها
- **صمغ عربی:** ساختار منشعب، ایجاد ویسکوزیته به نسبت پایین، واحد ساختمانی شامل آرابینوز-رامنوز-گالاکتوز و گلوکورونیک اسید، کاربرد در صنایع قنادی و نوشابه‌های خوراکی به عنوان امولسیفایر.
  - **کتیرا:** به دست آمده از گیاه گون، ساختار منشعب، مقاوم در برابر شرایط اسیدی، ایجاد ویسکوزیته بالا نسبت به سایر صمغ‌های گیاهی.
  - **کارایا** صمغ مترشحه گیاهی و دارای حلالیت کمی در آب است. این صمغ به دلیل شباهتی که به کتیرا دارد به عنوان تقلب یا جایگزین کتیرا استفاده می‌شود.
  - **آلژینات** یک صمغ با منبع دریایی (جلبک‌های قهوه‌ای) و شامل واحدهای ساختمانی بتا-د-مانورونیک اسید و آلفا-ال-گلورونیک اسید است. این دو مونومر به سه صورت می‌توانند کنار هم قرار می‌گیرند که بلوک‌های همگون مانورونیک اسید-مانورونیک اسید و گلورونیک اسید-گلورونیک اسید نسبت به ناهمگون مانورونیک اسید-گلورونیک اسید مقاوم‌تر هستند. در حضور یون کلسیم، گلورونیک اسیدها به هم متصل شده و ساختار جعبه تخم‌مرغی را ایجاد می‌کنند.
  - **آگار** از جلبک‌های قرمز به دست آمده که از دو بخش اصلی تشکیل شده است: آگاروز: پلی‌ساکارید خطی، تشکیل شده از D-گالاکتوز و ۳,۶-آنهیدرو-ال-گالاکتوز؛ مسئول ژل‌سازی قوی. آگاروپکتین: پلی‌ساکارید منشعب با گروه‌های جانبی مانند سولفات‌ها؛ کاهش‌دهنده توان ژل‌سازی، افزایش محلولیت و ویسکوزیته. قوی‌ترین ماده سازنده ژل است که در تهیه محیط‌های کشت میکروبی استفاده می‌شود.
  - **صمغ زانتان** یک پلی‌ساکارید خارج سلول است که توسط انواع مختلفی از باکتری زانتوموناس به خصوص گونه کامپستریس تولید می‌شود. واحدهای اصلی سازنده این صمغ، گلوز، مانوز و اسید گالاکتورونیک می‌باشند. صمغ زانتان علی‌رغم وزن مولکولی بالا به سادگی در آب گرم و سرد حل می‌شود و حتی در مقادیر کم، محلول بسیار غلیظی ایجاد می‌کند.
  - **صمغ کاراگینان** از یک خزّه استخراج می‌شود. این صمغ توسط بر اساس حساسیت به نمک پتاسیم به ۲ بخش محلول (لاندا کاراگینان) و رسوب دهنده (کاپا کاراگینان) تقسیم می‌شود. از این صمغ برای جلوگیری از رسوب کاکائو به شیر کاکائو اضافه می‌شود. کاراگینان در سیستم‌های شیری خاصیت واکنش با پروتئین‌ها و تشکیل کمپلکس‌های پایدار را دارد.

## فصل سوم

### پروتئین‌ها

- پروتئین‌ها از واحدهایی به نام اسید آمینه تشکیل شده است و جزء درشت مولکول‌های موجود در بدن محسوب می‌شوند و به همین دلیل محلول حقیقی تشکیل نمی‌دهند. اندازه ذرات پروتئینی (۵/۰ - ۱۰۰/۰ میکرون) به گونه‌ای است که جزء کلوئیدها طبقه‌بندی می‌شوند.

#### ▲ طبقه‌بندی اسیدهای آمینه بر اساس زنجیره جانبی:

- ۱- هیدروکربنی: مثل والین، آلانین، لوسین، ایزولوسین
  - ۲- هیدروکسیلی: مثل سرین، گلوتامین.
  - ۳- اسیدی (بار منفی): مثل آسپارتیک اسید، گلوتامیک اسید.
  - ۴- بازی (بار مثبت): مثل لیزین، آرژنین، هیستیدین.
  - ۵- آمیدی: آسپارژین، گلوتامین
  - ۶- آروماتیک: مثل فنیل آلانین، تریپتوفان.
  - ۷- گوگرددار: متیونین، سیستئین، سیستین
  - ۸- حلقوی: مثل پرولین، هیدروکسی پرولین
- اسید آمینه‌های ضروری برای انسان: والین، لوسین، ایزولوسین، لیزین، متیونین، فنیل آلانین، ترئونین، تریپتوفان، هیستیدین (ضروری برای کودکان).

#### ▲ طبقه‌بندی پروتئین‌های ساده بر اساس حالیت:

- ۱- آلبومین‌ها: در آب خنثی محلول هستند و وزن مولکولی پایینی دارند و در اثر گرما منعقد می‌شوند. شامل: آلفا لاکتوآلبومین، بتا لاکتوگلوبولین، سرم آلبومین، اووآلبومین تخم‌مرغ و لکوزین در غلات و لگوملین در حبوبات.
- ۲- گلوبولین‌ها: در آب نمکی محلول بوده و در اثر گرما منعقد می‌شوند. شامل: اکتین، میوزین ایمنوگلوبولین‌ها در شیر و گلايسينين در سویا.

- ۳- **پرولامین‌ها:** در آب خنثی و نمکی نامحلول‌اند و در حلال‌های آلی مانند اتانول ۹۰-۵۰ درصد محلول هستند. دارای اسیدآمینه پرولین و اسید گلوتامیک بالایی هستند. مانند گلیادین (گندم)، زئین (ذرت)، هوردئین (جو)، سکالین (چاودار) و کافیرین (ارزن).
- ۴- **گلوٹلین‌ها:** در آب خنثی و نمکی نامحلول‌اند و در اسیدها و قلیایی‌های ضعیف محلول می‌باشند در ساختمان آن‌ها مقدار زیادی اسید گلوتامیک و گلوتامین به کار رفته است. مانند گلوٹنن (گندم)، اورنٹین (جو)، اوریزین (برنج).
- ۵- **اسکلروپروتئین‌ها:** در آب و حلال‌های خنثی نامحلول‌اند و بیشتر نقش ساختمانی و پیوندی را دارند. مانند کلاژن گوشت، کراتین پوسته تخم‌مرغ و الاستین تاندون‌ها.
- ۶- **هیستون‌ها:** دارای اسیدهای آمینه بازی (لیزین و آرژنین) بالایی هستند و در نتیجه خاصیت بازی دارند. در آب و اسیدهای رقیق محلول هستند و در هسته سلول‌ها یافت می‌شوند. در برابر حرارت مقاوم بوده و منعقد نمی‌شوند.
- ۷- **پروتامین‌ها:** ساده‌ترین پروتئین‌ها و وزن مولکولی خیلی پایینی دارند و قلیایی‌تر از هیستون‌ها هستند. در آب و اسیدهای رقیق محلول‌اند. مانند پروتئین‌های بعضی از آبزیان کلپوئین شاه ماهی.

#### ▀ طبقه‌بندی پروتئین‌های مرکب:

- ۱- **فسفوپروتئین‌ها:** در این دسته اسید فسفریک با پیوند استری به گروه‌های هیدروکسیل اسیدهای آمینه متصل شده است. کازئین (پروتئین شیر)، فسفولیپیدهای زرده تخم‌مرغ و اووآلبومین سفیده تخم‌مرغ از فسفوپروتئین‌های مهم در مواد غذایی هستند.
- ۲- **لیپوپروتئین‌ها:** از ترکیب پروتئین و اسیدهای نوکلیئک است. در گوشت وجود دارد و از متابولیسم آن‌ها در بدن اسید اوریک اسید ایجاد می‌شود و رسوب اسید اوریک اسید بر روی مفاصل بیماری نقرس ایجاد می‌کند.
- ۳- **گلیکوپروتئین‌ها:** از ترکیب کربوهیدرات و پروتئین است. مانند پروتئین‌های سفیده تخم‌مرغ.
- ۴- **کروموپروتئین‌ها:** از ترکیب یک گروه رنگی و پروتئین ایجاد می‌شود. میوگلوبین و کلروفیل از این دسته هستند.

#### ▀ همه چیز در مورد پیوندها در ساختمان پروتئین‌ها:

- **ساختمان نوع اول پروتئین‌ها:** نوع پیوند از نوع کووالانسی ترانس است و بین گروه کربوکسیل یک اسید آمینه و گروه آمین یک اسید آمینه دیگر برقرار می‌شود. این پیوند توسط آنزیم پروتئاز یا پپتیداز می‌شکند.

• **ساختمان دوم پروتئین‌ها:** مربوط به شکل فضایی زنجیره پپتیدی است که شامل پیوند از نوع هیدروژنی درون مولکولی است. این ساختمان عمدتاً به صورت مارپیچ (هلیکس) یا ورقه‌ای چین‌خورده است. ساختمان مارپیچ آلفا رایج‌ترین و پایدارترین شکل در فرم ساختمان دوم پروتئین‌ها است. در طول مارپیچ، میان اکسیژن متصل به گروه کربوکسیل اسید آمینه و هیدروژن متصل به گروه آمین چهارمین اسید آمینه بعد از آن در طول زنجیره پیوند هیدروژنی تشکیل می‌گردد.

• **ساختمان سوم پروتئین‌ها:** پیوندها از نوع هیدروژنی، دی‌سولفیدی و هیدروفوبی است. برخی پروتئین‌ها مانند میوگلوبین دارای ساختمان سوم است.

• **ساختمان چهارم پروتئین‌ها:** دارای تمام پیوندهای فوق به جز پیوندهای دی‌سولفیدی است. مهم‌ترین این پروتئین‌ها هموگلوبین، میوزین و گلوٹنین است.

#### ▲ روش‌های مورد استفاده در هیدرولیز پروتئین‌ها عبارت‌اند از:

- ۱- **هیدرولیز آنزیمی:** اختصاصی عمل کرده و کمترین آسیبی را به اسیدهای وارد نمی‌شود.
- ۲- **هیدرولیز اسیدی:** روشی متداول و به صرفه برای هیدرولیز پروتئین‌ها است و برای این روش از اسید کلریدریک همراه با حرارت استفاده می‌شود. در این روش به اسیدهای آمینه تریپتوفان از بین می‌رود و اسیدهای گلوتامین و آسپارژین به اسید گلوتامیک و اسید آسپارژین تبدیل می‌شود.
- ۳- **هیدرولیز قلیایی:** در این روش اسیدهای آمینه لیزین و آرژنین نابود می‌شوند اما تریپتوفان سالم می‌ماند. در این روش پدیده راسمیک شدن وجود دارد. آسپارتیک حساس‌ترین اسید آمینه نسبت به راسمیک شدن است.

📌 **نکته:** دنا توراسیون می‌تواند ساختمان‌های چهارم، سوم و دوم پروتئین‌ها را تخریب کند اما ساختمان اول از بین نمی‌رود.

#### ▲ تأثیرات دنا توراسیون بر پروتئین‌ها عبارت‌اند از:

- کاهش قابلیت هدایت الکتریکی
- کاهش قابلیت بیولوژیکی
- کاهش قدرت جذب آب
- کاهش حلالیت
- افزایش ویسکوزیته
- افزایش خواص امولسی‌فایری
- افزایش حساسیت نسبت به آنزیم‌های هضم‌کننده.

❏ **نکته:** پروتئین‌ها به سبب وجود گروه‌های کربوکسیلی و آمینی توانایی تشکیل یک ترکیب با خاصیت آمفوتری (دوخصلتی) را دارند. پروتئین‌ها در pH بالا (قلیایی) به فرم آنیونی (بار منفی) و در pH پایین (اسیدی) به فرم کاتیونی (بار مثبت) در می‌آیند.

❏ **نکته:** پروتئین‌های گندم شامل ۱- آلومین ۲- گلوبولین ۳- گلپادین ۴- گلوتنین است. آلومین‌ها و گلوبولین‌ها: حدود ۲۰-۱۵ درصد پروتئین‌های گندم را تشکیل می‌دهند و بیشتر نقش‌های متابولیکی و آنزیمی دارند. گلپادین‌ها و گلوتنین‌ها: حدود ۸۵-۸۰ درصد کل پروتئین‌های گندم را تشکیل می‌دهند و برای تشکیل گلوتن ضروری‌اند.

❏ **نکته:** قابلیت اتساع بالا و الاستیسیته کمی دارد. دارای پیوندهای دی‌سولفیدی درون مولکولی است.

❏ **نکته:** گلوتنین در گندم از جمله پروتئین‌های ساده و از گروه گلوتلین‌ها است. گلوتنین در حلال‌های خنثی نامحلول، ولی در اسید و باز رقیق محلول است. این پروتئین وزن مولکولی بالا، خاصیت الاستیسیته بالا (قابلیت برگشت‌پذیری)، و قابلیت اتساع پایینی دارد. این پروتئین از چند زیرواحد با وزن‌های مولکولی متفاوت تشکیل شده است. دارای پیوندهای دی‌سولفیدی درون و بیرون مولکولی است.

❏ **نکته:** پروتئین غالب در حبوبات گلوبولین (ویسلین و لگومین)، در برنج گلوتلین، در ذرت پرولامین (زئین)، در جو پرولامین (هوردئین)، در چاودار پرولامین (سکالین)، در ارزن پرولامین (پانیکین) و در گندم گلوتلین (گلوتنین) است.

❏ **نکته:** به طور کلی غلات از لحاظ اسید آمینه لیزین و ترئونین و حبوبات از لحاظ اسید آمینه‌های گوگرددار نظیر متیونین و تریپتوفان فقیر هستند.

❏ **نکته:** لیزین و ترئونین اسید آمینه محدودکننده در گندم، برنج، سورگوم و ارزن است اما در ذرت لیزین و تریپتوفان است.

❏ **نکته:** لیزین برنج نسبت به سایر غلات بیشتر است.

❏ **نکته:** سفیده تخم‌مرغ حدود ۶۵-۶۰ درصد و زرده تخم‌مرغ حدود ۳۵-۳۰ درصد وزن کل تخم‌مرغ را تشکیل می‌دهد.

• **پروتئین‌های سفیده تخم‌مرغ:** حدود ۱۳ درصد وزن سفیده تخم‌مرغ را پروتئین، ۸۶ درصد آب و مقادیر بسیار اندکی حدود ۱ درصد را چربی و مواد معدنی تشکیل می‌دهد. اووآلبومین حدود ۶۰ درصد از پروتئین‌های سفیده تخم‌مرغ را تشکیل می‌دهد. این پروتئین دارای گروه سولفیدریلی و خواص ژل‌کنندگی است.

- ۱- **اوآلبومین (Ovalbumin):** ۶۰-۵۴ درصد کل پروتئین‌های سفیده را تشکیل می‌دهد. این پروتئین بیشترین مقدار را در سفیده تخم‌مرغ دارد که جزء فسفولیپوپروتئین‌ها محسوب می‌شود. نقش آن در تخم‌مرغ به عنوان منبع ذخیره انرژی برای جنین در حال رشد است. اوآلبومین دارای گروه سولفیدریلی است که در صنایع غذایی به دلیل قابلیت انعقاد و ژل‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- ۲- **کونال‌بومین یا اووترانسفرین (Ovotransferrin/Conalbumin):** حدود ۱۳-۱۲ از کل پروتئین‌های سفیده را تشکیل می‌دهد. قادر به اتصال به فلزات دو ظرفیتی به خصوص آهن، مس، منیزیم و روی است. این پروتئین دارای اثر جلوگیری کننده بر روی رشد باکتری‌ها است که ممکن است ناشی از اتصالات آن به آهن و ممانعت از دسترسی باکتری به آهن باشد. کونال‌بومین دارای بیشترین وزن مولکولی در بین پروتئین‌های سفیده تخم‌مرغ است. این پروتئین نسبت به حرارت حساس بوده و در  $63^{\circ}\text{C}$  دناتوره می‌شود. اووמוکوئید، اوآلبومین و لیزوزیم نسبت به کونال‌بومین به حرارت مقاوم‌ترند.
- ۳- **اووموکوئید (Ovomucoid):** حدود ۱۱ درصد کل پروتئین‌های سفیده تخم‌مرغ را تشکیل می‌دهد. این ترکیب دارای ۲۳ درصد کربوهیدرات است که بیشتر آن به صورت گلوکز آمین است. اووموکوئید همچنین یکی از عوامل اصلی آلرژی به تخم‌مرغ است. از ویژگی‌های خاص این پروتئین جلوگیری از عمل آنزیم پپسین است. این پروتئین دارای مقاومت حرارتی زیادی است و عمل دناتوره شدن آن بالاتر از  $80^{\circ}\text{C}$  صورت می‌گیرد. در تخم‌مرغ‌هایی که خشک کردن آن‌ها به طور سریع انجام می‌شود ممکن است اووموکوئید غیر فعال نگردد.
- ۴- **لیزوزیم:** حدود ۳/۵ درصد کل پروتئین‌های سفیده را تشکیل می‌دهد. جزء پروتئین‌های ساده و از گروه گلوبولین‌ها است. این پروتئین کمترین وزن مولکولی را در بین پروتئین‌های سفیده تخم‌مرغ دارد. این پروتئین دارای ماهیت ضد باکتریایی بر روی باکتری‌ها به ویژه گرم مثبت‌ها است. پروتئین لیزوزیم نسبت به سرما و آنزیم‌های پروتئاز و پپسین مقاوم است. این پروتئین در آب‌نمک خنثی محلول و در اثر حرارت‌های بالا منعقد می‌شود. لیزوزیم بالاترین pH (حدود ۱۰/۷) را در بین پروتئین‌های سفیده دارد. لیزوزیم مسئول ایجاد کف است.
- ۵- **اووموسین (Ovomuosin):** حدود ۳-۲ درصد از پروتئین‌های سفیده را تشکیل می‌دهد. اووموسین یک پروتئین کوچک از دسته گلیکوپروتئین‌ها است که نقش مهمی در ایجاد ساختار، قوام و یسکوزیته سفیده تخم‌مرغ دارد. مسئول پایداری و بقای کف است.
- ۶- **فلاووپروتئین (Flavoprotein):** کمتر از ۱ درصد وزن پروتئین‌های سفیده را شامل می‌شود. پروتئین موجود در سفیده تخم‌مرغ توانایی اتصال به ریوفلاوین را دارد و دارای خاصیت ضد میکروبی پایینی است.

۷- **آویدین (Avidin):** یک پروتئین گلیکوپروتئینی است که در سفیده تخم مرغ وجود دارد و حدود ۵۰٪ درصد از پروتئین های آن را تشکیل می دهد. آویدین به شدت به بیوتین (ویتامین ب-۷) متصل می شود. این پیوند بسیار قوی است و باعث می شود که بیوتین از دسترس بدن خارج شود.

#### • پروتئین های زرده تخم مرغ:

۱- **لیوتین (Lutetin):** حدود ۳۰ درصد پروتئین های زرده را تشکیل می دهد.

۲- **فسویتین (Phosvitin):** حاوی فسفر است و ۱۰ درصد پروتئین های زرده را تشکیل می دهد.

۳- **لیوپروتئین ها (Lipoprotein):** یک امولسیفایر بسیار خوب محسوب می شود.

#### ▲ پروتئین های شیر را می توان به دو گروه زیر تقسیم کرد:

• **کازئین ها:** جزء پروتئین های فسفردار است و حدود ۷۸ درصد کل پروتئین های شیر را تشکیل می دهد. این دسته شامل آلفا، بتا و کاپا است. کازئین به صورت میسل های بزرگ و کروی همراه با فسفات کلسیم است. ۹۳ درصد این مجموعه را کازئین و ۷ درصد آن را فسفر و کلسیم تشکیل می دهند. این میسل های بزرگ خود از میسل های فرعی تشکیل شده است. میسل های فرعی از ۳۰-۲۵ واحد از کازئین های آلفا، بتا و کاپا تشکیل شده است. گروه های فسفات موجود در سطح این میسل های فرعی که به کازئین ها متصل است با کلسیم وارد واکنش شده و پل های فسفات کلسیمی را می سازند. نکته مهم در تجمع میسل های فرعی با توجه به ویژگی های آب دوستی و آبگریزی این است که میسل ها به گونه ای تجمع پیدا می کنند که میسل بزرگ دارای سطحی بسیار آب دوست و سرشار از کاپا کازئین باشد. با حضور کاپا کازئین در سطح میسل اثر حفاظتی آن بر روی آلفا اس کازئین به بهترین شکل مهیا می شود. کازئین به خاطر وجود مقادیر بالای پرولین و پایین سیستئین یا فاقد آن دارای مقاومت حرارتی بالایی است و معمولاً در حرارت های بسیار بالا (۱۶۰-۲۰۰ °C) دناتوره می شود.

۱- **پروتئین های آب پنیر:** پروتئین های سرم (آب پنیر) فاقد فسفر هستند و این پروتئین ها در pH برابر با ۴/۶ در شیر در حالت محلول باقی می مانند. پروتئین های موجود شامل بتا-لاکتوگلوبولین (~۶۵٪)، آلفا-لاکتوآلبومین (~۲۵٪)، آلبومین سرم (~۸٪) و ایمونوگلوبولین ها می باشند.

❏ **نکته:** در اثر حرارت دادن شیر سرم پروتئین ها دناتوره می شوند و گروه های سولفیدریلی ( $\text{SH}_2$ ) از درون پروتئین آزاد شده و در سطح مولکول قرار می گیرد و نهایتاً طعم پختگی را در شیر به وجود می آورد. باید گفته شود که این ویژگی تنها منحصر به بتالاکتوگلوبولین است زیرا فقط آن دارای سیستئین است.

### ▲ مراحل انعقاد شیر توسط رنین:

• در مرحله اول که آنزیمی است آنزیم بر روی کاپا-کازئین که دارای ۱۶۹ اسید آمینه است اثر می‌کند و پیوند بین فنیل آلانین و متیونین را که به ترتیب اسید آمینه‌های ۱۰۵ و ۱۰۶ در این پروتئین هستند را می‌شکند. به دنبال این اثر، اثر حفاظت کنندگی کاپا-کازئین از روی  $\alpha$  کازئین برداشته می‌شود.

• در مرحله دوم که غیر آنزیمی است کازئین تغییر یافته، تحت اثر یون کلسیم رسوب می‌کند.

• اجزای تشکیل دهنده عضله: ۱- آب (۷۵ درصد) ۲- پروتئین (۱۹ درصد) ۳- چربی (۲/۵ درصد) ۴- کربوهیدرات (۱/۲ درصد) ۵- سایر ترکیبات پروتئینی نامحلول (۲/۵ درصد).

### ▲ پروتئین‌های گوشت را بر اساس حالیت به سه گروه تقسیم می‌شوند:

۱- پروتئین‌های میوفیبریلی: فراوان‌ترین پروتئین‌های گوشت هستند و حدود ۵۰ درصد کل پروتئین‌های گوشت و حدود ۱۱ درصد کل جرم عضله را تشکیل می‌دهند. میوزین، اکتین و تروپونین مهم‌ترین اعضای این گروه هستند.

۲- پروتئین‌های سارکوپلاسمی (میوزن): این پروتئین‌ها حدود ۳۵-۳۰ درصد کل پروتئین‌ها و ۵/۵ درصد کل جرم عضله را تشکیل می‌دهند و شامل هموگلوبین، میوگلوبین و سیتوکروم اکسیداز است.

۳- پروتئین‌های پیوندی یا استرومایی: ۱۰ تا ۱۵ درصد از کل پروتئین‌های گوشت را تشکیل می‌دهند. این پروتئین‌ها در آب نامحلول‌اند و قدرت نگهداری آب را مختل می‌سازند. کلاژن، الاستین و رتیکولین از جمله پروتئین‌های پیوندی است.