

## مقدمه

مجموعه‌ای که در اختیار دارید درسنامه‌ای است که به صورت چکیده به بررسی مهم‌ترین مطالب موجود در درس شیمی مواد غذایی می‌پردازد. بررسی مباحث مطرح شده در کنکور سراسری سال‌های گذشته نشان می‌دهد که کربوهیدرات‌ها لیپیدها پروتئین‌ها و واکنش‌های قهوه‌ای شدن بیشترین حجم سوالات را به خود اختصاص داده‌اند به همین سبب این درس نامه هم که به عنوان یک خلاصه برای ایام خیلی نزدیک به کنکور طراحی شده به همین مباحث پرداخته است. بدیهی است برای موفقیت کامل در این درس باید سوالات سال‌های گذشته با دقت و برای چندین بار حل شود. امیدوارم مطالعه این مجموعه بتواند در جمع بندی درس شیمی مواد غذایی به شما دانشجویان عزیز کمک نماید.

مسعود هماپور

دی‌ماه ۱۳۸۹

**Download from: [aghalibrary.com](http://aghalibrary.com)**

در جدول ذیل دروس به سرفصلهای مهم آن طبقه بندی شده و مشخص شده است که در هر سال از هر مبحث چند تست سوال شده است و دانشجوی محترم می تواند زمان باقیمانده تا کنکور را با توجه به اهمیت مباحث مدیریت نماید.

		رشته: صنایع غذایی					درس: شیمی مواد غذایی	
نسبت از کل	مجموع ۵ سال	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۵	سرفصل	ردیف
		تعداد تست	تعداد تست	تعداد تست	تعداد تست	تعداد تست		
33%	46	10	10	12	8	6	کربو هیدرات ها	1
23%	32	5	4	7	7	9	لیپید ها	2
5%	7	0	2	1	3	1	آب	3
3%	4	0	1	1	0	2	سیستم های کلوئیدی	4
23%	32	9	6	6	6	5	پروتئین ها	5
3%	4	0	1	0	2	1	مواد معدنی	6
5%	7	0	0	1	2	4	رنگدانه ها	7
0%	0	0	0	0	0	0	طعم	8
0%	0	0	0	0	0	0	ویتامین ها	9
3%	4	1	1	1	0	1	آنزیم ها	10
2%	3	0	0	1	1	1	واکنشهای قهوه ای شدن	11
1%	1	0	0	0	1	0	افزودنی ها	12
100%	140	25	25	30	30	30	جمع	

## کربوهیدرات

کربوهیدرات‌ها، هیدرات‌های کربنی هستند که فرمول آلی آن‌ها  $C_x(H_2O)_y$  هستند و معمولاً به ازای هر اتم هیدروژن دو اتم کربن دارند و در گیاهان سبز توسط واکنش فتوسنتز ساخته می‌شوند.

### دسته‌بندی

کربوهیدرات‌ها را براساس فرآورده‌های حاصل از هیدرولیز به سه دسته مونوساکارید، الیگوساکارید و پلی ساکارید تقسیم می‌کنند.

### مونوساکاریدها

مونوساکاریدها را از لحاظ عوامل شیمیایی به آلدوزها (پلی هیدروکسی آلدئیدها) و کتوزها (پلی هیدروکسی کتون‌ها) تقسیم می‌کنند. همچنین مونوساکاریدها را از روی شمار اتم‌های کربن به انواع مختلفی تقسیم می‌کنند که رایج‌ترین آن‌ها پنتوزها و هگزوزها هستند. جهت نام گذاری قندهای آلدئیدی از پسوند «وز» همراه با تعداد اتم‌های کربن و پسوند «ولوز» همراه با تعداد اتم‌های کربن استفاده می‌شود مثلاً هگزوز و هگزولوز به ترتیب قندهای شش کربنه آلدئیدی و کتونی هستند. مونوساکاریدهای دارای دو عامل آلدئیدی «دی‌آلدوز»، دارای دو گروه کتونی «دیولوز» و دارای گروه‌های آلدئیدی و کتونی به صورت توام «اسولوز» نامیده می‌شوند. از جایگزینی یک گروه OH با یک اتم H قند داکسی «دزوکسی» و با گروه  $NH_2$ ، ترکیب آمینو داکسی تند ایجاد می‌شود.

در بین هگزوزها تنها پنج مورد به فرم آزاد در گیاهان یافت می‌شوند که سه تای آن‌ها آلدوز (گلوکز، مانوز و گالاکتوز) و دو تای آن‌ها کتوز (فروکتوز و سوربوز) هستند.

قندهایی که با هم تنها در وضعیت یک اتم کربن اختلاف دارند اپیمر هستند، به این ترتیب گلوکز با مانوز ( $C-2$ ) و گلوکز با گالاکتوز ( $C-3$ ) اپیمر هستند اما مانوز و گالاکتوز یا فروکتوز با گلوکز اپیمر نیستند.

گلوکز دارای 4 اتم کربن نامتقارن (کایرال) می‌باشد (کربن‌های شماره ۲، ۳، ۴ و ۵) پس شمار ایزومرهای آن  $2^4 = 16$  می‌باشد. ایزومرهای نوری یعنی ایزومرهایی که نور پلاریزه را با زاویه‌ای یکسان در دو جهت متفاوت منحرف می‌کنند. ایزومرهای راست گردان (+) و انواع چپ گردان (-) هستند. ایزومر دیگر را به صورت L, D نشان می‌دهند که نشان دهنده وضعیت هیدروکسیل اتم کربن ماقبل آخر نسبت به هیدروکسیل آخرین اتم کربن است. بیشتر قندهای طبیعی شیرین مزه جزء مجموعه D هستند.

### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

بین  $L, D$  بودن و راست گردان یا چپ گردان بودن قندها ارتباطی وجود ندارد. گلوکز و سایر قندهای آلدئیدی به برخی از واکنش‌های آلدئیدها پاسخ نمی‌دهند همچنین فروکتوز و سایر قندهای کتون هم به برخی از واکنش‌های کتون‌ها پاسخ نمی‌دهند این امر نشان می‌دهد که گروه کربنیل در این قندها آزاد نیست بلکه به یکی از گروه‌های هیدروکسیل اتصال دارد. در آن حالت اگر از آلدوز مشتق شده باشد همی‌استال و از کتوز مشتق شده باشد، همی‌کتال است. همی‌استال و همی‌کتال ترکیباتی هستند که به ترتیب از واکنش یک مولکول آلدئید یا کتون با یک مولکول الکل حاصل می‌شوند واکنش دوباره آن‌ها با یک مولکول الکل دیگر به ترتیب استال و کتال به وجود می‌آورد. این نوع ساختمان تحت عنوان فرم هاورث شناخته می‌شود. مشخص شده که دو نوع حلقه وجود دارد یک حلقه 6 تایی مرکب از پنج اتم کربن و یک اتم اکسیژن (پیرانوز) که فرم پایدارتر است و دیگری حلقه پنج تایی مرکب از چهار اتم کربن و یک اتم اکسیژن (فورانوز) که فرم کمتر پایدار است.

گلوکز، گالاکتوز، مانوز و گزیلوز به طور طبیعی پیرانوز هستند ولی ریبوز و فروکتوز معمولاً به شکل فورانوز هستند.

در نمایش فرم هاورث دو قاعده زیر در تخصیص محل استخلاف‌ها رعایت می‌شود:

۱- برای قندهای  $D$  گروه  $-CH_2OH$  آخری در بالا و برای قندهای  $L$  در پائین تصویر نوشته می‌شود.

۲- پس از تشکیل حلقه چنانچه گروه هیدروکسیل تشکیل شده روی کربن دارای گروه کربنیل، سمت حلقه اکسیژنی باشد ساختار قند  $\alpha$  و در غیر این صورت  $\beta$  می‌باشد. فرم  $\alpha$  و  $\beta$  نسبت به هم آنومر محسوب می‌شوند به این ترتیب:

برای آنومر آلفای قند گروه  $OH$  در پایین و برای آنومر بتا در بالای تصویر نوشته شود. چون فرمول هاورث زاویه واقعی بین پیوندها را نشان نمی‌دهد پس از فرم‌های جدید یا آرایش‌های سه بعدی استفاده می‌شود که مولکول قند را دقیق‌تر نشان می‌دهد. برای هر یک از قندهای آلفا و بتا پیرانوز امکان تعداد زیادی شکل سه بعدی وجود دارد که دو تا از مهم‌ترین آن‌ها شکل  $C1-D$  (اکسیژن خارجی) و  $1CD$  (اکسیژن داخلی) می‌باشد.

شکل  $C1-D$  ساختار پایدارتری دارد زیرا چون گروه‌های پر حجم ( $CH_2OH$ ,  $OH$ ) مکان‌هایی را اشغال می‌کنند که نسبت به محور قائم فرضی که از سطح حلقه می‌گذرد حالت عمودی دارد یعنی پیوندها حالت استوایی دارند.

این نمایش به صورت  $C_1^4$  و  $C_4^1$  نیز نشان داده می‌شود که عدد بالایی نمایانگر اتم کربنی است که بالای سطح قرار می‌گیرد عدد پائینی اتم کربنی را نشان می‌دهد که در پائین سطح حلقه قرار گرفته است.

## فروکتوز

فروکتوز یک کتوهگروز است این قند به صورت لولوز هم نامیده می‌شود که نشانگر چپ گردان بودن آن می‌باشد. یک قند احیاء کننده نیرومند است و در ساختار ساکارز و اینولین (پلی ساکارید) وجود دارد.

فروکتور به عنوان جانشین ساکارز در بیماران دیابتی به کار می‌برند. این قند را به وسیله کروماتوگرافی از مخلوط گلوکز - فروکتوز به دست می‌آورند.

## یادداشت:

.....

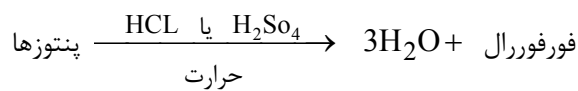
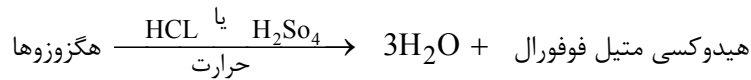
.....

.....

.....

## پنتوزها

پنتوزها قندهای دارای 5 اتم کربن هستند این قندها به صورت آزاد یافت نمی‌شود بلکه به صورت پلیمر هستند مثل آربان‌ها و گزیلان‌ها جهت تشخیص پنتوزها از هگزوزها از تست مولیش استفاده می‌شود که اساس آن واکنش دادن قند با اسید قوی تحت گرما می‌باشد.



در این حالت فورفورال با فلوروگلوکوسینول سریع‌تر حلقه بنفش تشکیل می‌دهد.

## الیگوساکاریدها

ساختارهایی هستند که از اتصال 2 تا 10 مونوساکارید با از دست دادن آب و تشکیل پیوندهای گلیکوزیدی ایجاد می‌شوند تعداد مولکول‌های مونوساکارید منهای یک تعداد مولکول‌های آب از دست داده را نشان می‌دهد.

هرگاه اتصال گلیکوزیدی بین هیدروکسیل آنومری یک قند با هیدروکسیل آنومری قند دیگر باشد دی ساکارید حامل غیر احیاء کننده و اگر اتصال بین هیدروکسیل آنومری یک قند با هیدروکسیل غیر آنومری قند دیگر ایجاد شود دی ساکارید حامل احیا کننده خواهد بود.

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

### الیگوساکاریدهای مهم

نام	ساختار	وضعیت	توضیحات
مالتوز	$\text{Glc } \alpha(1 \rightarrow 4) \text{ Glc}$	احیا کننده	واحد ساختاری نشاسته
سلوبیوز	$\text{Glc } \beta(1 \rightarrow 4) \text{ Glc}$	احیا کننده	واحد ساختاری سلولز
ژنتیوبیوز	$\text{Glc } \beta(1 \rightarrow 6) \text{ Glc}$	احیا کننده	تلخ مزه - موجود در گلیکوزیدهایی مثل آمیگدالین
ایزومالتوز	$\text{Glc } \alpha(1 \rightarrow 6) \text{ Glc}$	احیا کننده	موجود در ساختار آمیلوپکتین
سوفروز	$\text{Glc } \beta(1 \rightarrow 2) \text{ Glc}$	احیا کننده	حبوبات
لاکتوز	$\text{Gal } \beta(1 \rightarrow 4) \text{ Glc}$	احیا کننده	قند انحصاری شیر
لاکتولوز	$\text{Gal } \beta(1 \rightarrow 4) \text{ Fru}$	احیا کننده	
ملی بیوز	$\text{Gal } \alpha(1 \rightarrow 6) \text{ Glc}$	احیا کننده	
گالاکتوبیوز	$\text{Gal } \alpha(1 \rightarrow 6) \text{ Gal}$	احیا کننده	
ساکارز	$\text{Glc } \alpha(1 \rightarrow 2) \beta \text{ Fru}$	غیراحیاء	قند چغندر قند، نیشکر
رافینوز	$\text{Gal } \alpha(1 \rightarrow 6) \text{ Glc } \alpha(1 \rightarrow 2) \beta \text{ Fru}$	غیراحیاء	چغندر قند، عامل نفخ
استاکیوز	$\text{Gal } \alpha(1 \rightarrow 6) \text{ Raffinose}$	غیراحیاء	حبوبات، عامل نفخ
ورباسکوز	$\text{Gal } (\alpha \rightarrow 6) \text{ Stachyose}$	غیراحیاء	حبوبات

### ساکارز

مهم‌ترین و فراوان‌ترین دی ساکارید طبیعت است این دی ساکارید از اتصال گلوکوزیدی  $1 \rightarrow 2$  بین آلفاگلوکز و بتا فروکتور می‌باشد که گلوکز به فرم پیرانوز و فروکتوز در فرم فورانوز است. به همین دلیل ساکارز یک دی ساکارید غیر احیاء کننده است. به واسطه این که فروکتوز با فرم ناپایدارتر خود یعنی فرم فورانوزی در ساکارز شرکت کرد پس ساکارز قندی ناپایدار است و به سادگی تجزیه می‌شود و به مخلوطی مساوی از گلوکوپیرانوز و فروکتوز پیرانوز تبدیل می‌شود به این مخلوط قند انورت می‌گویند که به علت معکوس بودن جهت چرخش نورپلاریزه نسبت به ساکارز است.

ساکارز  $\longrightarrow$

$$[\alpha]_D = +66.5^\circ$$

$$\underbrace{(\text{فروکتوز}(-) + \text{گلوکز}(+))}_{[\alpha]_D = -20^\circ}$$

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

یکی از ویژگی‌های جالب ساکارز توانایی واکنش با کلسیم و تشکیل ساکارات کلسیم است که از این ویژگی در فرآیند قندگیری از ملاس استفاده می‌کنند.

## لاکتوز

لاکتوز قند انحصاری شیر است که از اتصال یک مولکول گالاکتوز و یک مولکول گلوکز با اتصال  $\beta(1 \rightarrow 4)$  ایجاد می‌شود.

به این ترتیب ساختار لاکتوز به صورت  $4-O-\beta-D$  گالاکتوز پیرانوزیل،  $D$ -گلوکوپیرانوز می‌باشد.

لاکتوز قندی احیا کننده است که شیرینی بسیار کمی دارد و به راحتی کریستالیزه می‌شود. رایج‌ترین شکل آن کریستال آلفامونوهیدرات می‌باشد که از کریستال شدن محلول فوق اشباع لاکتوز در دمای پائین تر از  $93.5^\circ C$  به عنوان دمای بحرانی لاکتوز ایجاد می‌شود ولی

اگر کریستالی شدن در دمای بالاتر از  $93.5^\circ C$  صورت گیرد کریستال‌های تشکیل شده از نوع بتا انهدرید خواهد بود.

در شرایط عادی شکل آلفا مونوهیدرات پایدارتر است و شکل‌های دیگر به آن تبدیل می‌شود در حالت تعادل شکل بتا محلول تر است و مقدار شکل آلفا پایدار است.

اگر محلول لاکتوز دار خیلی سریع خشک شود لاکتوز آمورف تشکیل می‌شود که دارای همان نسبتی از آلفا به بتا می‌باشد که در فرآورده اولیه وجود داشته است.

هرگاه محصولی حاوی مقدار زیادی کریستال درشت آلفا مونوهیدرات باشد، به محلول حالتی شنی یا Sandiness می‌دهد. جهت جلوگیری از پدیده کریستالیزاسیون پدیده Seeding (نطفه دار کردن) می‌باشد.

بلورهای آلفا مونوهیدرات معمولاً به شکل منشوری یا تبرزینی هستند در حالی که بلورهای  $\beta$  آنهدرید به شکل سوزنی می‌باشند.

در حال حاضر لاکتوز به مقدار زیادی از آب پنیر حاصل می‌شود. از ایزومری کردن لاکتوز، لاکتوز حاصل می‌شود که از لاکتوز شیرین‌تر است.

از هیدروژناسیون لاکتوز، لاکتیتول تولید می‌شود.

## مالتوز

مالتوز از هیدرولیز نشاسته بر اثر آنزیم دیاستاز حاصل می‌شود. قندی احیا کننده است که از اتصال دو مولکول گلوکز با پیوند  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  ایجاد شده است.

## رافینوز

تری ساکاریدی است که به مقدار کم در چغندر قند یافت می‌شود در اثر آبکافت کامل این قند غیر احیاء کننده سه مولکولی گالاکتوز، گلوکز و فروکتوز حاصل می‌شود البته در شرایط ویژه‌ای از آبکافت آن می‌توان گالاکتوز و ساکارز و نیز ملی بیوز و فروکتوز به دست آورد.

## یادداشت:

.....

.....

.....

.....

## خواص فیزیکوشیمیایی قندها

### شیرینی

شیرینی تمام قندها را با ساکارز مقایسه می‌کنند. فروکتوز شیرین‌ترین و لاکتوز کم شیرین‌ترین قند طبیعت است. بین شیرینی و قابلیت انحلال قندها در آب رابطه‌ای مستقیم وجود دارد. بین شیرینی و قابلیت کریستالیزاسیون قندها رابطه‌ای عکس وجود دارد. قابلیت انحلال قندها در آب بر اثر گرم شدن بیشتر می‌شود.

### جذب رطوبت

فرآورده‌هایی که دارای فروکتوز هستند، رطوبت بیشتری جذب می‌کنند.

### تخمیر

مخمرها، D گلوکز، D مانوز، D فروکتوز و D گالاکتوز را تخمیر می‌کنند و بر دیگر هگزوزها و حتی ایزومرهای نوری آن‌ها بی‌تأثیر هستند.

### انورسیون Inversion

تشکیل مقادیر مساوی گلوکز و فروکتوز حاصل از هیدرولیز ساکارز را قند وارونه می‌گویند و این امر توسط اسید یا آنزیم انورتاز ( $D-\beta$  فروکتوز یداز) تسریع می‌شود. میزان انورسیون ساکارز به میزان گرما، طول مدت حرارت دهی و مقدار اسید معروف شده بستگی دارد. چون مخلوط قند انورت و ساکارز خالص محلول‌تر است پس سخت‌تر کریستاله می‌شود وجود 43% قند انورت از کریستالیزاسیون ساکارز جلوگیری می‌کند. قدرت اسیدها برای انورسیون ساکارز، سازگار بودن اسید با محلولی که به دست می‌آید مهم است مثلاً اسید فسفریک یا سیتریک جهت انورسیون ساکارز در تولید نوشابه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صنعت معمولاً اسید کلریدریک به علت قدرت انورسیون بالا به کار می‌رود.

## واکنش‌ها و ویژگی‌های قندها

### (۱) پدیده موتاروتاسیون

هنگامی که قند احیا کننده را در آب حل کنیم بین ایزومرها تعادل برقرار می‌شود که این مورد به واسطه تغییر نسبتاً کند چرخش ویژه نور پلاریزه ثابت می‌شود. این پدیده موتاروتاسیون نامیده می‌شود که اولین واکنش رخ داده پس از انحلال قند احیاء کننده در آب می‌باشد. در این حالت ایزومرهای ساختاری فورانوز و پیرانوز به هم تبدیل می‌شوند که جهت این تبدیل باید حلقه آن‌ها باز شده و از حالت خطی عبور کنند.

هرگاه پس از رسیدن به تعادل تمام شکل‌های ایزومری قندها وجود داشته باشد موتاروتاسیون پیچیده (گالاکتوز و فروکتوز) و اگر فقط شکل‌های پیرانوزی وجود داشته باشند موتاروتاسیون ساده (گلوکز، مانوز) می‌باشد.

افزودن اسید و قلیا سبب تسریع موتاروتاسیون می‌شوند که در این بین قلیاها بسیار موثرتر هستند. افزایش دما نیز سبب تسریع موتاروتاسیون خواهد شد.

### یادداشت:

.....

.....

.....

.....



## ۲) احیاء معرف فهلینگ

همه قندهای دارای گروه کربنیل آزاد بر اثر گرمادهی در محلول‌های قلیایی به «ان دیول» تبدیل می‌شوند. «ان دیول» ترکیبی دارای یک پیوند دوگانه بین دو گروه هیدروکسیل مجاور می‌باشد. ان دیول‌ها ترکیباتی بسیار فعال هستند و بر اثر اکسیژن و دیگر عوامل اکسید می‌شوند.

هرگاه یک گروه کربنیل مجاور ساختار «ان دیول» باشند ردوکتون ایجاد می‌شود ردوکتون‌ها ترکیباتی احیا کننده قوی هستند و می‌توانند یون‌های  $Ag^+$  و  $Hg^{2+}$  و  $Cu^{2+}$  را احیا کنند.

در واکنش فهلینگ یون مس دو ظرفیتی یک الکترون از ردوکتون می‌گیرد پس ردوکتون به اسید قند اکسید می‌شود و  $Cu^{2+}$  به  $Cu^+$  تبدیل می‌شود (رسوب زرد)  $Cu^+$  با یون هیدروکسیل ترکیب شده و با گرمادهی رسوب قرمز آجری  $Cu_2O$  تبدیل می‌شود.

## ۳) توانایی شرکت در واکنش میلارد

تنها قندهای احیاء کننده توانایی شرکت در واکنش میلارد را دارند.

## ۴) تشکیل اسازن‌ها

هنگامی که مونوساکاریدها کتون‌ی یا آلدئیدی با محلول فنیل هیدرازین در استیک اسید در  $100^\circ C$  گرما داده شود بلورهای اسازن تشکیل می‌شود که این آزمایش اساس تشخیص قندهای گوناگون است. دی ساکاریدهای احیا کننده هم توانایی ایجاد بلورهای اسازن را دارند.

به این ترتیب تشکیل اسازن یکی از راه‌های تشخیص قندهای احیا کننده از غیر احیا کننده می‌باشد همچنین از روی شکل بلور و نقطه ذوب بلور حاصل هم می‌توان نوع قند احیاء کننده را تشخیص داد البته چون گلوکز، مانوز و فروکتوز کربن‌های شماره ۴ و ۵ و ۶ یکسانی دارند. اسازن‌های یکسانی هم تشکیل می‌دهند پس به وسیله این آزمایش نمی‌توان آن‌ها را از هم تشخیص داد.

## ۵) اکسیداسیون قندهای آلدئیدی

گروه آلدئیدی آلدوزها در pH خنثی به وسیله مواد اکسنده ملایم و یا آنزیم‌ها به آسانی اکسید شده و به اسیدهای مونوکربوکسیلیک تبدیل می‌شوند که تحت عنوان اسیدهای آلدونیک شناخته می‌شوند. از این گروه می‌توان به اسید سوربیک و اسید گلوکونیک اشاره کرد. هرگاه عامل اکسنده قوی‌تر باشد علاوه بر عامل آلدئیدی (کربن شماره ۱) عامل الکلی نوع اول (کربن شماره ۶) هم اکسید شود اسید آلداریک تولید می‌شود که مهم‌ترین عضو این گروه اسید ساکاریک است.

محصول دیگر مونوکربوکسیلیک اسیدهایی می‌باشد که از اکسایش عامل الکلی نوع اول قندها به وجود می‌آیند این عمل توسط آنزیم‌های خاصی در بدن انجام می‌شود و محصول گروه اسیدهای اورنیک هستند. مثل گالاکتورونیک اسید (در ساختار پکتین) و مانورونیک اسید (در ساختار آلژین).

### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

## ۶ احیا شدن قندها

در اثر احیاء شدن عامل آلدئیدی و کتونی قندها، الکل قندها (آلدیتول) ایجاد می‌شوند. این ترکیبات شیرین هستند ولی جذب آن‌ها کند بود، و نیازی به انسولین ندارد، جهت کاهش فعالیت آب و نرم کننده کاربرد دارد. معروف‌ترین آن‌ها سوربیتول است که در اثر احیا شدن گلوکز ایجاد می‌شود این ترکیب قابلیت اتصال آب زیادی دارد و مصرف زیاد آن ملین است. در اثر اکسید شدن سوربیتول، سوربوز حاصل می‌شود. در اثر احیا شدن فروکتوز، هم سوربیتول و هم مانیتول حاصل می‌شود. در اثر هیدروژناسیون گزیلوز (زایلوز) حاصل از هیدرولیز همی سلولز، گزیلیتول به دست می‌آید. این ترکیب به واسطه این که توسط میکروب های دهان و دندان تخمیر نمی‌شود در آدامس‌ها استفاده می‌شود. از هیدروژن دهی فروکتوز و مانوز، مانیتول ایجاد می‌شود.

## تشکیل گلیکوزیدها

گلیکوزیدها ترکیباتی هستند که از اتصال یک قند (گلیکوز) و یک ترکیب غیر قندی (آگلیکون) به وجود آمده‌اند. گلیکوزیدها به وسیله اسید یا آنزیم (گلیکوزیداز) هیدرولیز شده و قند و آگلیکون ایجاد می‌شود ولی در برابر قلیاها پایدار هستند. از این گروه می‌توان به سینگرین (گلیکوزید روغن خردل)، آمیگدالین (گلیکوزید سیانوژنیک عامل تلخی بادام) آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها، سولانین، ساپونین و گلیسرین (عامل شیرینی ریشه شیرین بیان) اشاره کرد.

## اثر قلیاها

مونوساکاریدها نسبت به شرایط اسیدی ضعیف مقاوم هستند در حالی که نسبت به قلیاها بسیار حساس می‌باشند. هر چه قدرت قلیایی محلول بیشتر باشد آثار آن بر قندها بیشتر است. مونوساکاریدها بر اثر مجاورت با محلول آبی رقیق قلیاها به شکل ان دیول در می‌آیند قندها بر اثر آرایش دوباره‌ای که پیدا می‌کنند به صورت مخلوطی از بیش از یک قند در می‌آیند مثلاً اگر محلول رقیق د - گلوکز را با محلول رقیق سود گرما دهند مخلوطی از گلوکز، مانوز و فروکتوز که از طریق ۱ و ۲ ان دیول در حال تعادل هستند به وجود می‌آید.

## واکنش برگشت

هنگامی که محلول اسیدی قندها با غلظت زیاد در دمای معمولی نگه داری می‌شود واکنش برگشت در آن رخ می‌دهد و دی ساکاریدها تشکیل می‌شوند در دی ساکاریدهای تشکیل شده اتصال‌ها بیشتر از نوع  $\alpha(1 \rightarrow 6)$  و  $\beta(1 \rightarrow 6)$  می‌باشند.

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

## کریستالیزاسیون

کریستالیزاسیون اساس تولید تجاری قندها و فرآیندی در جهت خالص تر شدن مواد است. هر چه محلول یک قند خالص تر باشد آسان تر کریستاله می شود به همین علت کریستالیزاسیون مخلوط و قندها نسبت به یک قند خالص دشوارتر است. اولیگوساکاریدهای غیر احیاء کننده نسبتاً آسان متبلور می شوند علت این که قندهای احیاء کننده دشوارتر کریستاله می شوند وجود آنومر و ایزومرهای حلقوی در محلول است که محلول آن ها را ناخالص می کند.

عوامل موثر بر رشد بلورهای ساکارز فوق اشباعیت محلول، دما، ماهیت و میزان ناخالصی ها و ماهیت سطح بلور است. ناخالصی ها از یک سو سبب افزایش ویسکوزیته می شود که به کاهش سرعت انتقال مولکول ها می انجامد و نوع دوم جذب ناخالصی ها بر سطح ویژه ای از بلور است.

## پلی ساکاریدها

کربوهیدرات ها با وزن مولکولی بالا هستند که قابلیت کریستالیزاسیون ندارند و بدون مزه هستند در آب نامحلول بود. و هنگامی که تا هر اندازه ای هم حل شوند سیستم های کلئیدی تشکیل می دهند.

پلی ساکاریدهایی که در اثر آبکافت فقط یک نوع مونومر تولید می کنند را هموپلی ساکارید می نامند مثل سلولز، نشاسته، گالاکتان، لوان، دکستران، آرابان، پلی ساکاریدهایی که بر اثر آبکافت چند نوع مونومر تولید می کنند را هتروپلی ساکارید می نامند مثل پکتین، همی سلولز و صمغ ها.

خواص کاری پلی ساکاریدها در غذاها بر مواد زیر اثر می گذارد:

الف) ظرفیت اتصال به آب

ب) خواص رئولوژیکی

ج) قدرت تشکیل ژل

د) قدرت اتصال به ترکیب های طعمی

ه) فشار اسمزی

و) قابلیت جذب رطوبت

ز) واکنش پذیری شیمیایی

ح) شیرین کنندگی

خواص کاری پلی ساکاریدها تحت تأثیر پیوندهای غیر کووالانسی به ویژه پیوندهای هیدروژنی و نیز اتصال های یونی و کمپلکس شدن با لیپیدها قرار دارد.

## نشاسته

هموپلی ساکارید ذخیره ای گیاهی است. نشاسته در بافت های گیاهی به شکل گرانول های مجهز است این گرانول ها را انواع فرآیندها مثل آسیاب کردن، جدا کردن و خالص کردن و یا حتی بیشتر تغییرات شیمیایی که برای تولید نشاسته تغییر یافته صورت می گیرد، دست نخورده باقی می ماند.

## یادداشت:

.....

.....

.....

.....

شکل و اندازه دانک‌ها تحت تأثیر منشا گیاهی قرار می‌گیرد. نشاسته سیب زمینی بزرگتری و نشاسته برنج کوچکترین گرانول را دارد. اندازه دانک‌ها بر خواص نشاسته اثر می‌گذارد زیرا دانک‌های بزرگ معمولاً در دمای پایین‌تر از دانک‌های کوچک ژلاتینی می‌شوند. گرانول‌های نشاسته خاصیت شکست نور دوگانه نشان می‌دهند که این امر نشانه حالت نسبتاً منظم یا حالت بلوری آن‌هاست. مولکول‌های نشاسته شامل دو نوع آمیلوز و آمیلوپکتین هستند که هر دو پلیمری از گلوکز هستند. نشاسته علاوه بر آمیلوز و آمیلوپکتین ممکن است مقادیری کم مواد غیر کربوهیدراتی مثل فسفات‌ها و چربی داشته باشند.

## آمیلوز

پلیمری خطی از توانلی مولکول‌های گلوکز با اتصال‌های  $\alpha(1\rightarrow4)$  می‌باشد. واحدهای تشکیل دهنده آمیلوز زنجیری خطی ولی غیرمستقیم را به وجود می‌آورند که به شکل مارپیچ راست گردی می‌باشند. بخش درونی مارپیچ تنها دارای اتم‌های هیدروژن بوده و چربی گراست در حالی که گروه‌های هیدروکسیل در بخش بیرونی مارپیچ قرار دارند. تمام واحدهای گلوکز در ساختار آمیلوز به جز واحدهای انتهایی دارای یک گروه هیدروکسیل نوع اول و دو گروه هیدروکسیل نوع دوم می‌باشد.

در سه غیر احیا کننده زنجیر یک واحد گلوکزی با سه گروه هیدروکسیل نوع دوم و یک گروه نوع اول دارد در حالی که گلوکز سر احیا کننده دارای دو گروه هیدروکسیل نوع دوم و دو گروه هیدروکسیل نوع اول قرار دارد.

گروه‌های هیدروکسیل به پلیمر خواص آب‌گرایی می‌دهند که سبب گرایش آن به جذب رطوبت و پخش پذیری در آب می‌شوند. هرگاه محلول نشاسته را گرم کنند گرانول‌ها به واسطه جذب آب متورم می‌شوند. در دمای معینی جذب آب به داخل نشاسته ناگهان به شدت افزایش می‌یابد و گرانول به صورت برگشت ناپذیری متورم می‌شود، به این دما، دمای ژلاتیناسیون نشاسته می‌گویند. هر چه اندازه گرانول بزرگتر باشد دمای ژلاتیناسیون کمتر می‌شود. همچنین هر چه نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین در نشاسته‌ای بالاتر باشد، دمای ژلاتیناسیون آن افزایش می‌یابد در دمای ژلاتیناسیون خاصیت شکست دوگانه نور پلاریزه از بین می‌رود که نشانگر از بین رفتن ساختار کریستال منظم نشاسته است.

ژلاتینی شدن نشاسته شامل رویدادهای زیر است:

(۱) تورم دانک تا چند برابر اندازه اصلی

(۲) از دست دادن خاصیت شکست دوگانه

(۳) افزایش شفافیت

(۴) افزایش سریع قوام

(۵) انحلال بخش‌های آمیلوزی و خروج آن‌ها از گرانول

پس از ژلاتیناسیون گرانول‌ها متلاشی شده و آمیلوزها هم از آن‌ها خارج می‌شوند در صورتی پس از تشکیل خمیر آن را آرام سرد کنیم زنجیره‌های آمیلوز به صورت موازی کنار هم قرار می‌گیرند و از طریق تشکیل پل‌های هیدروژنی به هم متصل می‌شوند به این ترتیب تمایل مولکول آب کمتر می‌شود این پدیده کریستالی شدن مجدد نشاسته یا پس‌گرایی Retrogradation نامیده می‌شود. بیشترین سرعت این پدیده در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  است همچنین سرعت این پدیده با طول زنجیره هم ارتباط دارد.

## یادداشت:

.....

.....

.....

.....

بخش درونی هیدروفوب زنجیره‌هی ماریچی آمیلوز با بخش‌های خطی مولکول‌هایی که بتوانند درون این ساختار قرار گیرند مثل اسیدهای چرب، مونوگلیسریدها و n بوتانل کمپلکس تشکیل دهند. ید با هر دو مولکول آمیلوز و آمیلوپکتین کمپلکس تشکیل می‌دهد.

## آمیلوپکتین

آمیلوپکتین پلیمر دیگر نشاسته است که ساختار بسیار شاخه‌ای دارد واحدهای گلوکز با اتصالات  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  به هم متصل هستند در حالی که در محل اتصال (انشعاب) اتصالات از نوع  $\alpha(1 \rightarrow 6)$  هستند به این ترتیب مولکول‌های (دی ساکارید) اصلی از نوع مالتوز هستند در حالی که در محل انشعاب دی ساکارید از نوع ایزومالتوز هستند. نشاسته از لحاظ نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین طبقه بندی می‌شوند.

- ۱- نشاسته‌های آمیلوز بالا که بیش از 70 درصد آمیلوز دارند مثل نشاسته نخود فرنگی .
  - ۲- نشاسته‌های آمیلوز متوسط که حدود 17-30% آمیلوز دارند مثل نشاسته تمام غلات معمولی مثل ذرت، سیب زمینی، برنج، گندم.
  - ۳- نشاسته مومی waxy starch که نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین آن‌ها صفر به 100 است مثل نشاسته ذرت مومی.
- مولکول آمیلوپکتین از سه زنجیر تشکیل شده است:

زنجیر C که تنها زنجیره دارای یک گروه احیا کننده می‌باشد و شاخه‌های زیادی به نام زنجیر B به آن متصل است به هر یک از شاخه‌های B هم یک یا چند زنجیر A متصل است که این زنجیر A بدون شاخه جانبی می‌باشد. وزن مولکولی آمیلوپکتین بسیار بیشتر از آمیلوز است.

تفاوت اصلی نشاسته‌های گوناگون به عوامل زیر بستگی دارد.

- اندازه نسبی دو بخش آمیلوز و آمیلوپکتین
- درجه پلیمریزاسیون آمیلوز
- درجه شاخه‌ای شدن آمیلوپکتین

## نشاسته‌های تغییر یافته

نشاسته‌های از پیش ژلاتینی شده: ساده‌ترین نوع نشاسته تغییر یافته هستند که به وسیله از پیش پختن نشاسته در آب و سپس خشک کردن خمیر در خنک کننده پاششی یا روی غلتک تهیه می‌شوند. نشاسته‌های از پیش تهیه شده در مقایسه با خمیر تازه پخته شده دارای ویسکوزیته یا چسبندگی کمتری هستند خاصیت اصلی این نشاسته محلول بودن در آب سرد است.

## نشاسته رقیق شده با اسید

به واسطه فرآیند کردن سوسپانسیون گرم نشاسته با اسید و سپس خنثی کردن آن تهیه می‌شود. این نشاسته‌ها خیلی سریع‌تر ژلاتینی می‌شوند و استحکام ژل آن‌ها بالاست.

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

## نشاسته‌های رقیق شده با آنزیم

خمیر نشاسته پخته شده را با  $\alpha$ -آمیلاز فرآیند می‌کنند که به این ترتیب محلول رقیق تهیه می‌شود این نشاسته‌ها خمیری با ویسکوزیته کمتر تولید می‌کنند ولی با سرد شدن می‌توانند ژل تشکیل دهند.

## دکسترین‌های سفید

دکسترین سفید نشانگر تداوم عمل تغییر نشاسته به وسیله اسید هستند یعنی نشاسته‌هایی هستند که با درجه بالایی از هیدرولیز ساده گلوکوزیدی تولید می‌شوند این نشاسته‌ها در آب سرد حل می‌شوند. دکسترین‌های سفید با گرمادهی نشاسته خشک و مقادیر ناچیزی از اسید معدنی تولید می‌شوند.

## دکسترین‌های زرد

دکسترین‌های زرد با ادامه گرمادهی نشاسته خشک اسیدی شده در دمایی بالاتر از آنچه که برای دکسترین سفید به کار می‌رود تولید می‌شوند هنگامی که رطوبت به کمتر از 3% کاهش یابد. مولکول‌های خرد شده دوباره به یکدیگر متصل می‌شوند پس وزن مولکولی فرآورده دکسترین زرد بیش از نشاسته اولیه است.

## نشاسته‌های اکسید شده

نشاسته‌های اکسید شده توسط اثر هیپوکلریت قلیایی بر روی نشاسته ایجاد می‌شود این عمل سبب کاهش ویسکوزیته می‌شود و شفافیت خمیر را افزایش می‌دهد. دچار رتروگراداسیون نمی‌شود زیرا زنجیره‌های خطی دچار خمیدگی می‌شوند این نشاسته‌ها زلالترین محلول‌ها و شفاف‌ترین روکش‌ها را ایجاد می‌کنند. نشاسته‌های اکسید شده به علت تشکیل گروه‌های کربوکسیل بسیار آنیونی هستند.

## اترها و استرهای نشاسته

مهم‌ترین استرها و استرهای نشاسته عبارتند از هیدروکسی اتیل اتر و استتر استات. اترها و استرهای نشاسته قشرهای نازک شفاف قوی تولید می‌کنند شفافیت خمیر به اندازه نشاسته‌های مومی نیست. نشاسته‌های اتر شده در مقابل انجماد و انجماد زدائی مقاومت از خود نشان می‌دهند و نشاسته‌های استری شده در دامنه‌ای گسترده‌ای از pH و دمای بالا مقاومت از خود نشان می‌دهند.

## نشاسته‌های دارای پیوند جانبی

ایجاد پیوند جانبی بین زنجیره‌های نشاسته سبب افزایش استحکام گرانول می‌شود در این حالت گرانول در برابر متورم شدن بیش از اندازه پایدار می‌شود. به این ترتیب ویسکوزیته در حضور اسید و شرایط برش بالا باقی می‌ماند به عنوان یک ماده غلیظ کننده کاربرد دارد.

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

## شربت ذرت Corn Syrup

شربت ذرت یا شربت گلوکز مایع است بی‌رنگ بامزه شیرین و ویسکوزیته بالا که از هیدرولیز نشاسته خوراکی به وسیله اسید یا آنزیم یا اسید - آنزیم به دست می‌آید. در تبدیل اسیدی از اسید کلریدریک استفاده می‌شود. در فرآیند اسید - آنزیم فرآورده مایع را که با اسید مقداری تبدیل شده است با ترکیبی از آنزیم‌های مناسب مجاور می‌کنند تا عمل تبدیل کامل شود. مثلاً در تولید شربت مالتوز بالا ( $DE=42$ ) ابتدا تبدیل اسیدی را انجام می‌دهند سپس  $\beta$  آمیلاز را اضافه می‌کنند تا تبدیل ادامه یابد سپس آنزیم را غیر فعال می‌سازند. در فرآیندهای آنزیم - آنزیم گرانول‌های نشاسته را می‌پزند و دپلمیریزاسیون (بسپار زدایی) اولیه را با آلفا آمیلاز مایع کننده نشاسته انجام می‌دهند سپس دپلمیریزاسیون اصلی را با یک آنزیم یا مخلوطی از آنزیم‌ها انجام می‌دهند. در هر یک از این روش‌ها نشاسته به تدریج کوچک و کوچکتر می‌شود تا سرانجام به گلوکز خالص تبدیل شود. درجه بسپار زدایی (دپلمیریزاسیون) نشاسته بر حسب معادل دکستروز (DE) یا دکستروز اکی والان بیان می‌شود که عبارتست از درصد کل قند احیا کننده بر حسب دکستروز بر مبنای محتوای ماده جامد است. انجام هیدرولیز اسیدی محدودیت عملی تا  $DE > 55$  دارد زیرا بالاتر از این مقدار رنگ شربت تیره و مزه آن تلخ می‌شود. رابطه نسبتاً خطی بین ترکیب شربت ذرت هیدرولیز شده با اسید و DE آن وجود دارد. ولی ترکیب شربت‌های هیدرولیز شده با اسید آنزیم یا آنزیم‌های دوگانه را نمی‌توان از روی DE آن به آسانی پیش بینی کرد.

## انواع شربت ذرت

- ۱- شربت ذرت (شربت گلوکز) محلول آبی خالص شده غلیظ شده ساکاریدهای به دست آمده از نشاسته خوراکی است دارای  $DE > 20$  است.
- ۲- شربت ذرت خشک شده شربت ذرتی است که آب آن خشک شده باشد.
- ۳- مالتودکسترین: شبیه شربت ذرت تولید می‌شوند ولی فرآیند تولید را در مراحل اولیه متوقف می‌کنند تا  $DE < 20$  حفظ شود از هر دو فرآیند اسید و آنزیم می‌توان استفاده کرد.
- ۴- دکستروز مونوهیدرات: D گلوکز خالص شده متبلوری است که هر مولکول D گلوکز آن یک مولکول آب تبلور دارد. ساخت دکستروز نیازمند بسپار زدایی کامل نشاسته و به دست آوردن فرآورده به وسیله کریستالیزاسیون است. هیدرولیز کامل توسط گلوکوآمیلاز انجام می‌شود.
- ۵- دکستروز انیدر، D گلوکز خالص شده و متبلور شده بدون آب کریستالیزاسیون است. دکستروز (D - گلوکز) بیشترین ماده موجود در شربت ذرت خشک شده است. بیشتر خاصیت‌های شربت ذرت همسان قند انورت است مثل داشتن ماهیت نمگیر و قدرت کاهش سرعت کریستالیزاسیون ولی شیرینی آن‌ها کمتر است. شربت‌های ذرت دارای ماهیت صمغی هستند که طی جوشیدن پایدار می‌ماند. قدرت شیرینی شربت ذرت به درصد ماده جامد شیرین کننده و همراه بودن شیرین کننده‌ها بستگی دارد.

### یادداشت:

.....  
 .....  
 .....  
 .....

دکستروز و فروکتوز دارای فشار اسمزی نسبتاً بالایی هستند این امر کارایی آن‌ها را در جلوگیری از فساد میکروبی تقویت می‌کند. شربت ذرت با  $DE=55$  دارای تقریباً همان میانگین وزن مولکولی ساکارز یا لاکتوز است و بنابراین دارای همان خواص اسمزی این قندهاست. شربت‌های ذرتی با  $DE$  کمتر دارای وزن مولکولی بالاتری هستند و متناسب با آن فشار اسمزی پائین‌تری دارند. پائین آمدن نقطه انجماد محلول با وزن مولکولی مواد جامد حل شده نسبت معکوس دارد. شربت‌ها ذرت را در صنعت بستنی سازی برای کنترل شیرینی و بهبود یافت به کار می‌برند ویسکوزیته شربت‌های ذرت به چگالی،  $DE$  و دما بستگی دارد ویسکوزیته با افزایش  $DE$  و دما کاهش می‌یابد و با بالا رفتن چگالی افزایش حاصل می‌کند. هر چه  $DE$  بالاتر باشد تخمیر پذیری شربت بیشتر می‌شود به طور کلی با افزایش  $DE$  نتایج زیر حاصل می‌شود:

- تمایل به شرکت در قهوه‌ای شدن، قابلیت تخمیر پذیری، شیرینی، میزان افت نقطه انجماد، قابلیت نمگیری و فشار اسمزی، افزایش می‌یابند در حالی که قابلیت‌های - قوام، چسبندگی، پایداری کف، جلوگیری از کریستالیزاسیون قند و ویسکوزیته کاهش می‌یابد. برای حفظ ویژگی‌های شیرین کننده‌های ذرت آن‌ها را در  $pH$  اسیدی نگه می‌دارند.

### شربت ذرت با فروکتوز بالا HFCS

HFCS شربتی است با ویسکوزیته کم، زلال، شیرین، ملایم و میزان دکستروز و لولوز (فروکتوز) بالا. در بیشتر غذاها و آشامیدنی‌ها شربت‌های ذرت با فروکتوز بالا از لحاظ خواص کاری با قند انورت معادل هستند. این شربت‌ها بر اثر عمل آنزیم دکستروز ایزومراز (گلوکز ایزومراز) بر شربت ذرت تهیه می‌شوند که به این ترتیب مقداری از دکستروز به لولوز تبدیل می‌شود. شربت ذرت با 42% لولوز همانند ترکیب قند انورت است. شربت‌های فروکتوز بالا ویسکوزیته کمی دارند و برای موارد زیر کاربرد دارد:

- ۱- حفظ رطوبت و جلوگیری از خشک شدن
- ۲- کنترل کریستالیزاسیون
- ۳- به واسطه داشتن فشار اسمزی بیشتر از ساکارز و قند انورت جهت کنترل رشد میکروب
- ۴- قابلیت تخمیر پذیری
- ۵- قابلیت آمیخته شدن با شیرین کننده‌ها و اسیدها
- ۶- قابلیت شرکت در واکنش‌های میلارد و قهوه‌ای شدن
- ۷- شیرینی معادل قند انورت

### گلیکوژن

پلی ساکارید ذخیره‌ای جانوری است کاملاً شبیه آمیلوپکتین اما با ساختار بسیار منشعب هستند که با اتصال‌های  $(1 \rightarrow 4)\alpha$  به هم متصل هستند و با پیوندهای  $(1 \rightarrow 6)\alpha$  شاخه‌ای هستند. در دمای معمولی در آب محلول است و در برابر قلیاهای غلیظ مقاوم است. باید رنگ قهوه‌ای ایجاد می‌کند.

شاخه‌ای شدن بسیار زیاد گلیکوژن سبب می‌شود که پایداری آن در برابر انجماد و انجماد زدایی بسیار افزایش یابد. اهمیت فعلی آن به واسطه پس از ذیح است که در این حالت گلیکوژن کبد به سرعت به  $D$  - گلوکز هیدرولیز می‌شود اما گلیکوژن ماهیچه‌ها به علت تولید اسید لاکتیک در جمود نعشی دخالت دارد.

### یادداشت:

.....

.....

.....

.....



## سلولز

ماده اصلی ساختاری دیواره سلول‌های بافت‌های گیاهی را تشکیل می‌دهد اجزاء اصلی تشکیل دهنده دیواره سلولی شامل سلولز، همی سلولز و پکتین‌ها هستند مواد غیر کربوهیدراتی مثل پیتیدها، پروتئین‌ها و لیگنین هم به کربوهیدرات‌ها متصل است. بخشی از سلولز در قلیا محلول است بخش نامحلول را  $\alpha$  سلولز می‌نامند و بخشی از سلولز عصاره سلولز قلیایی که با اسیدی کردن ته نشین می‌شود سلولز می‌نامند و بخشی از سلولز عصاره سلولز قلیایی که با اسیدی کردن ته نشین می‌شود  $\beta$  سلولز است. سلولز مرکب از زنجیره‌های خطی مشتمل بر چند هزار باقی مانده گلوکز می‌باشد که با پیوندهای گلیکوزیدی ( $1 \rightarrow 6$ ) به یکدیگر متصل است. این زنجیره‌ها با پل‌های هیدروژنی به هم متصل هستند. سلولز در برابر آبکافت با اسیدهای رقیق نسبتاً مقاوم است. گروه‌های هیدروکسیل سلولز که از زنجیر خارج شده‌اند به آسانی با هم پل هیدروژنی تشکیل دهند و مقدار معینی حالت کریستالیزاسیون از خود نشان دهند. مناطق کریستالی متراکم‌تر هستند و نسبت به مناطق غیر کریستالی (آمورف) در برابر آنزیم‌ها و مواد شیمیایی مقاوم‌تر هستند. جذب آب در مناطق کریستالی بسیار کم است. هنگامی که رطوبت غذا گرفته می‌شود مناطق آمورف به تدریج کریستالی می‌شوند. هیدرولیز سلولز توسط سلولاز ( $\beta$  گلوکوزیداز) به سلوبیوز و در نهایت به گلوکز ختم می‌شود. با استفاده از پرتو ایکس مشخص شده که سلول ساختاری بلورهای سلولز از دو واحد سلوبیوز تشکیل شده است. چون انسان و جانوران گوشتخوار آنزیم‌های لازم برای خوردن اتصال‌های ( $1 \rightarrow 4$ )  $\beta$  را ندارند پس نمی‌توانند سلولز را گوارش کنند سلوز در گیاهان عالی‌تر با لیگنین همراه است که پلیمری غیر کربوهیدراتی است پلی ساکارید دیگری که در چوب همراه سلولز وجود دارد گزیلان است که پلیمری از پنتوز D - گزیلوز است.

## همی سلولز و پنتوزان‌ها

همی سلولز به پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای نامحلول در آب و پنتوزان به پلی ساکارید غیر نشاسته‌ای محلولی در آب گفته می‌شود. پنتوزان‌های گلیکوزیدهای گزیلوز و آرابینوز هستند. معمولاً مولکول همی سلولز مرکب از واحدهای خطی است که از اتصال ( $1 \rightarrow 4$ )  $\beta$  واحدهای بتا - D - گزیلوپیرانوز تشکیل شده‌اند و به این زنجیره‌های خطی، زنجیره‌های جانبی شامل پنتوزهای دیگر مثل آرابیوز، هگزوزها (گالاکتوز) و اسیدهای اورونیک متصل شده‌اند. همی سلولز پیش ساز سلولز نیست و جزء هتروگلیکان‌ها هستند. همی سلولز پوسته گندم حدود 43% کربوهیدرات دارد و می‌توان آن را به وسیله قلیایی از پوسته گندم استخراج کرد. پنتوزان‌ها حدود 2-3% در آرد گندم وجود دارند که به طور عمده از گزیلوز و آرابینوز تشکیل شده‌اند پنتوزان‌ها ساختار بسیار شاخه‌ای، چسبناک دارند و تشکیل دهنده ژل هستند. به علت این خواص تصور می‌رود که پنتوزان‌ها در ساختار خمیر نان نقش دارند.

## یادداشت:

.....

.....

.....

.....

## فیبرهای رژیمی

فیبر رژیمی شامل باقی مانده‌های سلول‌های گیاهی مقاوم به هیدرولیز (گوارش) در برابر آنزیم‌های گوارشی انسان است. فیبر رژیمی را براساس نقشی که در گیاهان دارند به سه بخش تقسیم می‌شود:

۱- پلی ساکاریدهای ساختاری که به دیواره سلول متصل هستند و شامل سلولز، همی سلولز و پکتین است.

۲- غیر پلی ساکاریدهای ساختاری که شامل لیگنین است.

۳- پلی ساکاریدهای غیر ساختاری که شامل صمغ‌ها و موسیلاژها هستند.

میوه‌ها و سبزی‌ها نسبت به غلات سلولز بیشتری دارند. ترکیب فیبری گیاه بر حسب گونه، اندام و بلوغ گیاه تغییر می‌کند. مثلاً مقدار سلولز و لیگنین با بالغ شدن گیاه افزایش می‌یابد.

فیبر رژیمی تام به دو جزء اصلی تقسیم می‌شوند: فیبر رژیمی محلول و فیبر رژیمی نامحلول فیبر رژیمی نامحلول ماده گیاهی است که به وسیله آنزیم‌های دستگاه گوارش انسان قابل هضم نیست و در آب گرم یا داغ محلول است.

فیبر رژیمی نامحلول شامل: همی سلولز، سلولز، لیگنین، کوتین و موم‌های گیاهی هستند فیبر رژیمی محلول شامل صمغ‌ها، پکتین‌ها، بتا گلوکان‌ها (به مقدار زیاد در جو دو سر وجود دارند).

## خواص فیزیکی فیبرها

۱- تجزیه باکتریایی: این خاصیت فقط به بخش پلی ساکاریدی ارتباط دارد. پکتین‌ها، موسیلاژها و صمغ‌ها به طور کامل تجزیه می‌شوند در حالی که تجزیه سلولز به طور ناقص صورت می‌گیرد.

۲- ظرفیت نگهداری آب: این خاصیت بر اثر وجود قندهای دارای گروه‌های قطبی آزاد بسیار تقویت می‌شود. پکتین‌ها، موسیلاژها و تا اندازه کمی همی سلولزها دارای بیشترین WHC هستند.

۳- جذب مولکول‌های آلی: جذب ترکیبات آلی مثل اسیدهای صفاوی، کلسترول و ترکیبات سمی خاصیت دیگر فیبرهای رژیمی است. مطالعات نشان داده که لیگنین جاذب قوی اسیدهای صفاوی است ولی سلولز توانایی کمی در جذب اسیدهای صفاوی دارد.

۴- تعویض کاتیون‌ها: این خاصیت باعث افزایش دفع مدفوعی کانی‌ها و الکترولیت‌ها می‌انجامد که از ویژگی‌های پلی ساکاریدهای اسیدی است که تعداد گروه‌های کربوکسیل آزاد باقی مانده‌های قندی اورونیک اسید موجود در پلی ساکاریدها با این خاصیت ارتباط دارد.

## مواد پکتیکی

پکتین یکی از هتروپلی ساکاریدهایی است که به طور عمده فضای بین سلولی بافت‌های گیاهی را پر می‌کنند. پکتین‌ها در فضای بین سلولی به کلیسم اتصال دارند.

پکتین در فرم اتصال یافته نامحلول است و در این فرم پروتوپکتین یا پیش ساز پکتین نامیده می‌شود پکتین از لحاظ شیمیایی پلی ساکاریدی است از واحدهای گالاکتورونیک اسید که با اتصال‌های  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  به یکدیگر متصل شده‌اند و بخشی از گروه‌های کربوکسیل توسط متانول استری شده و به فرم متوکسیل درآمده‌اند (متیله شده‌اند).

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

درجه متیلی شدن شماره گروه‌های متیل بیان شده به صورت درصد گروه‌های کربوکسیل گالاکتورونیک اسید است. درجه متیلی شدن تعیین کننده زمان ژله‌ای شدن، شرایط تشکیل ژل و قدرت ژل پکتینی است.

زنجیره اصلی همچنين دارای باقی مانده‌های L-ramnوز و نیز  $L-\alpha$  آرابینو فورانوز و  $D-\beta$  گالاکتو پیرانوز می‌باشد. وجود رامنوز سبب مارپیچی شدن زنجیره می‌شود.

$$\text{درجه متیلی شدن (DM)} = \frac{\text{گروه‌های گالاکتورونیک اسید متوکسیلی شده}}{\text{کل گروه‌های گالاکتورونیک}} \times 100$$

براساس درجه متیلی شدن پکتین‌ها را به دو دسته متوکسیل پائین و متوکسیل بالا تقسیم می‌کنند. پکتین‌های پر استر دارای درجه متیلی شدن بالای 50% و نوع کم استر دارای درجه استری شدن کمتر از 50% هستند.

بر اثر جدا شدن برخی از گروه‌های متوکسیل پکتین‌ها توسط عمل اسید یا آنزیم (پکتین متیل استراز) اسیدهای پکتینیک تشکیل می‌شود ولی اگر تمام گروه‌های متوکسیل جدا شوند اسیدپکتیک ایجاد می‌شود. پکتیک اسید در آب نامحلولی است ولی نمک‌های پکتیک اسید در آب محلول هستند به این ترتیب پکتین یک نام عمومی است برای دسته‌ای از اسیدهای پکتینیک که از لحاظ درجه استری شدن با هم متفاوت هستند.

حل پذیری پکتین‌ها با افزایش درجه استری شدن و کاهش وزن مولکولی زیاد می‌شود پکتین هر چه در آب کمتر محلول باشد با افزودن الکترولیت آسان‌تر ته‌نشین می‌شود پکتین کلئیدی دارای بار منفی است که محلول آن نور پلاریزه را به سمت راست منحرف می‌کند. پکتین همانند برخی پلی ساکاریدهای دیگر مثل آلژینیک اسید جزء پلی الکترولیت‌ها می‌باشد یعنی ترکیباتی که وقتی به حالت یونی شده هستند ویسکوزیته را به اندازه زیادی افزایش می‌دهند.

ژل پکتین با اتصال‌های آب گریز (هیدروفوب) گروه‌های استرمتیل و نیز پل‌های هیدروژنی بین مولکولی پایدار می‌شود. برای تشکیل ژل پکتینی، قند (60-70%) و  $\text{pH} = 2.8-3.2$  نیاز است. چون پکتین به صورت کلئیدهای دارای بار منفی است پس افزودن اسید باعث می‌شود پروتون‌ها بخشی از گروه‌های کربوکسیل یونی شده را به فرم یونی نشده تغییر دهند پس دفع الکترواستاتیک بین زنجیره‌ها کم می‌شود و به این ترتیب بین زنجیره‌ها پلی‌های هیدروژنی تشکیل می‌شود.

افزودن قند هم باعث ایجاد رقابت با پکتین در جذب مولکول‌های آب می‌شود و به این ترتیب ساکارز اضافه شده اتصالات آب گریز را بین گروه‌های استر متیل افزایش می‌دهد بدون وجود ساکارز سهم اتصالات هیدروفوب کم است.

اگر مقدار اسید زیاد باشد ژل سفت می‌شود و به علت کاهش اتصالات هیدروژنی جذب و نگهداری مولکول آب کاهش می‌یابد مقدار خیلی اسید هم باعث آبکافت پکتین می‌شود.

پکتین‌های کم استر برای تشکیل ژل فقط به مقدار کنترل شده‌ای از یون‌های کلسیم نیاز دارد تشکیل ژل بر اثر برقراری اتصال‌های جانبی بین گروه‌های کربوکسیل آزاد و کاتیون‌های دو ظرفیتی به ویژه کلسیم ایجاد می‌شود.

در pH قلیایی پکتین ناپایدار است و شروع به پلیمرزدایی می‌کند.

پکتین‌های پر استر از لحاظ سرعت تشکیل ژل به انواع زیر طبقه بندی می‌شود.

#### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

الف) پکتین‌های قند بند که دارای درجه متیله شدن بالاتر از 70% هستند این گروه در دمای  $85^{\circ}\text{C}$  تشکیل ژل می‌دهند این گروه در pH بالاتری از انواع کند بند ژل می‌دهند کاربرد این گروه برای کسب اطمینان از یکنواختی پخش ذرات میوه در مربا کاربرد دارد.

ب) پکتین‌های کند بند: درجه متیله شدن این گروه بین 50 – 70% است در دمای پایین‌تر حدود  $55^{\circ}\text{C}$  ژل می‌دهد این پکتین‌ها برای مواد قنادی کاربرد دارد.

علاوه بر درجه متیلی شدن، وزن مولکولی هم در ایجاد ژل نقش دارد به این ترتیب که با افزایش وزن مولکولی ژل حاصل قوی‌تر است. جهت ارزیابی پکتین‌ها از درجه پکتینی شدن استفاده می‌شود که عبارتست از مقدار واحد قندی که با یک واحد پکتین ژلی با قوام مطلوب بدهد.

**صمغ‌ها:** گروهی از پلی ساکاریدها هستند که قدرت تشکیل محلول‌هایی با ویسکوزیته زیاد در غلظت کم خود دارد. این مواد مولکول‌های هیدروفیل هستند که می‌توانند به آب متصل شوند و محلول‌هایی با ویسکوزیته بالا یا ژل تشکیل دهند. ماهیت مولکول‌ها بر خواص آن‌ها تأثیر دارد.

مولکول‌های پلی ساکاریدهای خطی فضای بیشتری را اشغال می‌کنند و از مولکول‌ها شاخه‌ای با همان وزن مولکولی ویسکوزیته بیشتری دارند. ترکیبات منشعب به سبب آن که امکان واکنش زیاد بین زنجیره‌ها وجود ندارد ژل تشکیل نمی‌دهند و پایدارتر هستند انواع خطی فیلم‌های محکمی تشکیل می‌دهد و پوشش دهنده خوبی هستند در حالی که پلی ساکاریدهای منشعب توانایی تشکیل فیلم ندارند. برخی از پلی ساکاریدها مثل صمغ گوار و صمغ لوبیای خرنوب زنجیره‌های مستقیم دارند و شاخه‌های کوتاهی دارند این ترکیبات بسیاری از خواص پلی ساکاریدهای خطی و منشعب را با هم دارند.

پکتین و آلژینات‌ها نمونه‌های از صمغ‌هایی هستند که در طول زنجیره خود دارای گروه‌های کربوکسیل زیادی هستند این مولکول‌ها در  $\text{pH} = 4$  زمانی که گروه‌های کربوکسیل آزاد تشکیل می‌گردند ته‌نشین می‌شود. کاتیون‌های دو ظرفیتی مثل کلسیم با ایجاد پیوند بین مولکول‌های مجاور نمک‌هایی را به وجود می‌آورند و به این ترتیب ژل تشکیل می‌شود ولی اگر مقدار کلسیم زیاد باشد رسوب تولید می‌کند. فورسلاران و کاراگینان پلی ساکاریدهایی هستند که گروه‌های اسیدی قوی دارند هر دو دارای گروه‌های استر سولفوریک اسید هستند و به علت آن که یونی شده گروه‌های سولفوریک اسید در pH کم، کاهش نمی‌یابد این صمغ‌ها در محلول‌های با pH کم پایدار هستند. افزودن جایگزین‌های خنثی مثل متیل، اتیل و هیدروکسی متیل در زنجیره‌های پلی ساکاریدهای خطی به افزایش ویسکوزیته و پایداری محلول می‌انجامد.

وارد کردن گروه‌های اسیدی (با اکسایش و ایجاد گروه کربوکسیل) پلی ساکارید را صمغی (موسیلاژی) می‌کند.

### صمغ جلبک‌های دریایی

این گروه شامل آلژین، کاراگینان و آگار هستند.

**آلژین:** نامی عمومی برای مشتقات آلژینیک اسید است. آلژینیک اسید در آب نامحلول است پس مصرف نمک‌های بسیار محلول سدیم و پتاسیم یا آمونیوم آن رایج است. پر مصرف‌ترین ترکیب آن آلژینیک اسید است که آلژین هم نامیده می‌شود. ساختار آلژین پلیمری خطی است که مخلوطی از دو واحد مونوساکارید  $\text{D}-\beta$  مانورونیک اسید (M) ،  $\text{L}-\alpha$  گلورونیک اسید (G) با اتصال‌های  $(1 \rightarrow 4)$  می‌باشد. این دو در یک زنجیر به سه شیوه متفاوت متصل هستند و بلوک‌های زیر را به وجود می‌آورند.

**یادداشت:**

.....

.....

.....

.....

۱- بلوک‌های مانورونیک اسید -M - M - M - M - M -

۲- بلوک‌های گلورونیک اسید -G - G - G - G - G -

۳- بلوک‌های یک در میان -M - G - M - G -

بلوک‌های همگون (1,2) در برابر هیدرولیز مقاوم‌تر از نوع سه هستند محلول‌های آلژین با سرد شدن ژله‌ای نشده و با گرمادهی منعقد نمی‌شوند. آلژینات‌ها از لحاظ قابلیت تشکیل ژل برگشت ناپذیر در آب سرد به هنگام وجود یون‌های کلسیم مشهور هستند. از واکنش آلژینات سدیم محلول با کلسیم، آلژینات کلسیم نامحلول تشکیل می‌شود و یسکوزیته محلول‌های آلژینات با حرارت دادن کاهش می‌یابد بیش‌ترین ویسکوزیته ژل در pH خنثی ایجاد می‌شود، در  $pH < 4$  به علت حل پذیری کمتر اسید آزاد ویسکوزیته افزایش می‌یابد و سرانجام آلژینیک اسید رسوب می‌کند.

یون‌های فلزی چند ظرفیتی ویسکوزیته نمک‌های آلژینات‌ها را افزایش می‌دهند. به همین سبب همین توانایی (تشکیل ژل با کاتیون‌های چند ظرفیتی و اسیدها) آلژینات در صنایع غذایی کاربرد زیادی دارد. ولی همین امر مانع مصرف آن‌ها به عنوان پایدار کننده و ماده کنترل کننده ویسکوزیته در محلول‌های اسیدی می‌شود.

آلژینات جهت جلوگیری از بروز پدیده سوختگی ناشی از انجماد در ماهی‌های منجمد استفاده می‌شود.

**کاراگینان:** پلی ساکاریدهای خطی با وزن مولکولی بالا از واحدهای تکرار شونده گالاکتوز و ۳ و ۶-انیدروگالاکتوز، سولفات‌ها و غیر سولفات‌ها

متصل شده به وسیله اتصال‌هایی گلیکوزیدی  $\alpha(1 \rightarrow 3)$  ,  $\beta(1 \rightarrow 4)$  می‌باشد.

بخش حساس به پتاسیم کاراگینان را کاپاکاراگینان و بخش غیر حساس را لاند کاراگینان می‌گویند. بخش دیگر کاراگینان که به کلسیم حساس است را یوتاکاراگینان می‌گویند. با استفاده از نمک‌های افزودنی می‌توان خواص طبیعی کارگینان را تغییر داد.

مثل پتاسیم کاراگینان که ماده محلول در آب داغ بوده و ماده‌ای ژله‌ای شونده سفت است و یا سدیم کارگینان که ماده غیر ژله‌ای شونده محلول در آب سرد است.

کاراگینان در آب و شیر خواص متفاوتی دارد. در آب خواص هیدروکلوئیدی و غلیظ کننده و ژله‌ای کننده است اما در سیستم‌های شیری خاصیت واکنش با پروتئین‌ها و تشکیل کمپلکس‌های پایدار دارد.

کاپاکاراگینان برای معلق کردن ذرات کاکائو در شیر شکلاتی و نیز بستنی به کار می‌رود. در فرآورده‌های فرپزی از کاراگینان به جای آگار که گران‌تر است استفاده می‌شود.

لاند کاراگینان در سالادهای کم چرب جهت معلق کردن ادویه‌ها به کار می‌رود. همچنین از خواص تشکیل ژل کاراگینان در تهیه مرباهای کم قند و ژله‌ها استفاده می‌شود.

## آگار

در آب جوش محلول است ولی در آب سرد نامحلول می‌باشد. قوی‌ترین ماده ژل ساز است آگار دارای بیشترین هیستریزیس بین صمغ‌هاست یعنی دمای تشکیل ژل آن بسیار پائین‌تر از دمای ذوب آن است.

### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

به عنوان امولسیفایر و ژله‌ای کننده و پایدار کننده در غذاها و محیط کشت باکتری‌ها به کار می‌رود آگار مخلوطی از و پلی ساکارید است یکی آگاروز که پلیمری است خنثی و خطی که از تکرار واحدهای دی ساکاریدی به نام آگاروبیوز ایجاد می‌شود. و دیگری آگاروپکتین که پلی‌مری است سولفات‌شامل آگاروز، استرسولفات، د - گلوکورونیک و اندکی پیروویک اسید.

آگار در محلول‌های خنثی با پروتئین‌ها و دیگر پلی ساکاریدها سازگار هستند. برخی از صمغ‌ها مثل آلژینات و نشاسته استحکام ژل آگار را کاهش می‌دهند در حالی که افزودن قند و دکسترین استحکام ژل را افزایش می‌دهد.

### فورسلاران (آگار دانمارکی)

نوعی صمغ حاصل از جلبک‌ها می‌باشد. محلول آبی آن در دمای حدود  $40^{\circ}\text{C}$  ژله‌ای می‌شود. قدرت ژل حاصل با افزودن گالاکتومانان‌ها افزایش می‌یابد.

فورسلاران را می‌توان در تهیه ژله، مارمالاد و مربا به کار می‌برند، مزیت فورسلاران بر پکتین این است که بستن ژل آن در غلظت قندی پائین صورت می‌گیرد برای آن که هیدرولیز کمتر صورت گیرد محلول آبی سرد 2-3% فورسلاران را به مخلوط داغ میوه و قند می‌افزایند. این صمغ ته نشینی پروتئینی را در ساخت ماء الشعیر آسان می‌کنند و برای زلالی کردن آن به کار می‌رود.

### صمغ‌های تراوشی

این گروه شامل صمغ عربی، کارایا و کتیرا می‌باشد.

#### صمغ عربی

قدیمی‌ترین صمغ است که تراویده از درخت آکاسیا می‌باشد. نمکی است خنثی یا کمی اسیدی شامل پلی‌ساکاریدی پیچیده و بسیار شاخه‌ای دارای یون‌های کلسیم، منیزیم و پتاسیم این صمغ شامل 6 کربوهیدرات است که عبارتند از گالاکتوز، رامنوز، آرابینوز، پیرانوز، آرابینو فورانوز، گلوکورونیک اسید و ۴ و ۵ دی متیل گلوکورونیک اسید این صمغ در آب بسیار محلول است. به واسطه وزن مولکولی و ساختار شاخه‌ای که دارای باید آن را در غلظت‌های بالاتر از بیشتر صمغ‌ها به کار برد تا محلولی یا ویسکوزیته بالا تولید کند. صمغ عربی به علت جزء پروتئینی که دارد در امولسیون‌های نوشابه‌های خوراکی به عنوان امولسیفایر و پایدار کننده عمل می‌کند.

#### صمغ کارایا

یک پلی‌ساکارید پیچیده است که به طور جزئی استیلی شده است، به علت تشابه زیاد بین صمغ کارایا و کتیرا از آن به عنوان تقلب کتیرا استفاده می‌شود ویژگی خاص این صمغ حل پذیری کم آن در آب و چسبندگی نیرومند آن به هنگامی است که در غلظت‌های بالا به کار می‌رود. یکی از کم محلول‌ترین صمغ‌های تراوشی است که پس از جذب آب سل تشکیل می‌دهد. در فرآورده‌هایی مثل کالباس میزان کمی از این صمغ آب را به خود متصل می‌سازد و کمی چسبندگی ایجاد می‌کند.

**کتیرا:** صمغ تراویده از گیاه گون است و از دو جزء تشکیل شده است که شامل یک جزء کوچک محلول در آب به نام تراگانانتین و یک بخش بزرگتر نامحلول در آب که باسورین نام دارد. کتیرا در آب سرد متورم هستند و محلولی کلئیدی با ویسکوزیته بسیار بالا (بیش از همه صمغ‌های گیاهی) تولید می‌کند. این صمغ در آب سرد محلول است.

#### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

محلول‌های صمغ کتیرا اسیدی هستند. در دامنه گسترده‌ای از pH پایدار است. در پوشش دهنده‌های سالاد به کار می‌رود. امروزه پروپیلن گلیکول آلزینات جایگزین آن شده است.

کتیرا مانند صمغ عربی امولسیفایر خوبی است. یکی از ویژگی‌های کتیرا توانایی آن در حفظ و افزایش ویسکوزیته طی فرآیند گرمایی است.

### صمغ‌های دانه‌ای

این گروه شامل صمغ لوبیای فرنوب و صمغ گوار می‌باشد.

**صمغ لوبیای خرنوب:** این صمغ از آندوسپرم دانه لوبیای خرنوب به دست می‌آید این صمغ دارای 88% گالاتوز - D - مانوگلیکان و مقادیر پنتوگلیکان و پروتئین است این صمغ در آب متورم می‌شود و در آب سرد به طور کامل حل نمی‌شود و برای انحلال آن باید محلول را گرما داد. پایداری بسیار خوبی در برابر pH دارد. محلول آن به تنهایی خاصیت تشکیل ژل ندارد ولی وقتی با گزانتان آمیخته شود به آسانی ژله‌ای می‌شود. با کاپاکاراگنیان واکنش داده و باعث افزایش استحکام ژل و تغییر بافت می‌شود و آب پس دادن (سینرزیس) را کاهش می‌دهد.

**صمغ گوار:** یک گالاتومانان است ساختاری بسیار شاخه‌ای دارد و در نتیجه قابلیت هیدراتاسیون آن نسبت به لوبیای خرنوب بسیار بیشتر است. در غلظت کم محلول‌هایی با ویسکوزیته بالا تولید می‌کند. در آب سرد محلول است. مصرف صمغ گوار همیشه در سیستم‌هایی است که آب عامل مهمی است.

صمغ گوار ژل تشکیل نمی‌دهد چون صمغ گوار غیر یونی است پس با تغییر pH همچنان پایدار است.

### صمغ‌های میکروبی

**صمغ گزانتان:** این صمغ ستون مهره‌ای (زنجیره‌ای اصلی) سلولزی دارد که به وسیله زنجیره‌های جانبی کوتاه‌تری ساکاریدی متصل شده، به هر واحد گلوکز دومی در زنجیر اصلی در آب محلول شده است ویسکوزیته بالایی در حالت آرامش دارد، بازده پائین داشته و بر اثر برش رقیق می‌شود در حضور نمک ویسکوزیته بالایی دارد و ویسکوزیته در دماهای بالا پایدار است. برای مصرف در صنایع غذایی مجاز است. نکته بسیار مهم این صمغ پایداری عالی در برابر گرما و pH است. قابلیت ریزش Pourability امولسیون‌ها را افزایش می‌دهد.

### مواد گیاهی تغییر شیمیایی یافته

تغییر شیمیایی سلولز و پکتین، صمغ‌هایی با خواص تشکیل ژل ایجاد می‌کند.

### مشتقات سلولز

به وسیله تغییراتی که روی سلولز انجام می‌شود به مشتقاتی تبدیل می‌شود که این ماده نامحلول در آب، محلول شود. هر واحد گلوکز در ساختار سلولز سه گروه هیدروکسیل دارد که می‌تواند با گروه‌های متیل، هیدروکسی متیل، هیدروکسی پروپیل و کربوکسی متیل واکنش‌های استخلافی بدهند که در این حالت حلالیت افزایش می‌دهند ولی حالت کریستال سلولز این واکنش‌ها را دشوار می‌کند پس برای تغییر سلولز باید سلولز قلیایی تهیه کرد.

### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

کربوکسی متیل سلوز یکی از مشتقات پر مصرف سلولز است. CMC در آب محلول و در حلال‌های آلی نامحلول است. ویسکوزیته محلول‌های آن به دما بستگی دارد با افزایش دما ویسکوزیته کم می‌شود و برعکس.

تغییر ویسکوزیته بر اثر گرما برگشت پذیر است. کاتیون‌های دو ظرفیتی CMC را ته نشین می‌کند و در حضور مقدار کانی از کاتیون‌های سه ظرفیتی ژل می‌دهد.

CMC پلیمری آنیونی است که با پروتئین‌ها واکنش کرده و در خواص کاری آن‌ها تغییراتی ایجاد می‌کند. برای مثال پروتئین سویا و کازئین در اثر واکنش با این ماده در نقطه ایزوالکتریک خود رسوب نمی‌کنند. به واسطه ظرفیت اتصال به آب بالایی که دارد در غذاهای کم کاری به عنوان ماده حجم زا به کار می‌رود.

وظیفه اصلی CMC متصل کردن آب و جلوگیری از بروز پس دادن آب است.

### متیل سلوز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز

این ترکیبات تنها صمغ‌هایی هستند که وقتی گرما داده شوند ژل تشکیل می‌دهند و هنگامی که سرد شوند به ویسکوزیته مایع اولیه خود بر می‌گردند. این خاصیت غیرعادی این صمغ‌ها را به ویژه برای استفاده در غذاهای سرخ کردنی مناسب می‌سازد. در این غذاها سدی در برابر جذب روغن ایجاد می‌کند.

خاصیت مهم دیگر این صمغ‌ها آن است که به حل شدن در دماهای سرد نیاز دارند تا در گرما ژله‌ای شوند.

### لیپیدها

روغن‌ها و چربی‌ها به گروه بزرگتری از مواد طبیعی به نام لیپیدها تعلق دارند که در آب نامحلول بوده و در حلال‌های آلی محلول هستند. بر خلاف پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها که دارای واحدهای ساختاری هستند. لیپیدها از مواد شیمیایی گوناگونی ساخته شده‌اند.

### دسته بندی

لیپیدها به سه دسته ساده، مرکب و مشتق شده تقسیم می‌شوند.

لیپیدهای ساده از دو جزء (اسید چرب و الکل) تشکیل شده و شامل روغن‌ها، چربی‌ها، موم‌ها، استرهای کلسترول، استرهای ویتامین A و D.

لیپیدهای مرکب از بیش از دو جزء تشکیل شده اند و شامل فسفاتیدها (دارای مولکول اسید فسفریک) و سربروزیدها (فاقد فسفریک اسید یا گلیسرول هستند اما دارای کربوهیدرات یا سولفات می‌باشند) هستند.

لیپیدهای مشتق شده شامل اسیدهای چرب، الکل‌های چرب، استرول‌ها، هیدروکربن‌ها و ویتامین‌های محلول در چربی هستند.

### یادداشت:

.....

.....

.....

.....



## لیپیدهای ساده

### روغن‌ها و چربی‌ها

این لیپیدها استرهای الکل تری آل گلیسرول هستند اگر به اسید چرب یکسان باشد فرآورده را تری گلیسیرید ساده و اگر دو یا سه اسید چرب غیریکسان باشند آن را تری گلیسیرید مختلط می‌نامند چربی‌های طبیعی مخلوطی از تری گلیسیریدهای مختلط هستند مونو و دی گلیسیریدها به طور طبیعی در مقادیر خیلی کمی هستند و در چربی‌ها و روغن‌هایی یافت می‌شوند که دچار هیدرولیز جزئی شده‌اند. روغن‌ها و چربی‌های طبیعی حتی اگر ترکیب اسید چرب یکسانی داشته باشند خواص فیزیکوشیمیایی متفاوتی دارند که زیرا از یک سو میزان اسیدهای چرب آن‌ها متفاوت است و از سوی دیگر ساختار تری گلیسیریدهای آن‌ها متفاوت می‌باشد. در جانوران بسته به رژیم غذایی جانور (افزایش لینولئیک با استفاده از مکمل) و محل چربی در بدن جانور (تفاوت چربی بیشتر با چربی ذخیره‌ای) ترکیب چربی تغییر می‌کند. در گیاهان بسته به شرایط آب و هوای منطقه، نوع خاک، سلامت گیاه، رسیدن میوه و ... ترکیب روغن تغییر می‌کند.

توزیع اسیدهای چرب بین تری گلیسیریدها و درون آن‌ها بیشتر انتخابی است تا تصادفی. در بیشتر جانوران کوتاهی زنجیر و غیر اشباعیت اسید چرب را به موقعیت  $\beta$  هدایت می‌کند. چربی خوک (لارد) یک استثناء است زیرا در محل ۲- بیشتر پالمیتیک اسید دارد. در چربی جانوران دریایی طول زنجیر عامل تعیین کننده است یعنی انواع کوتاه زنجیر به موقعیت ۲ منتقل می‌شوند در حالی که در چربی پرندگان غیر اشباعیت تنها عامل تعیین کننده است و این اسیدهای چرب در موقعیت ۲ قرار می‌گیرند.

لارد و کره کائو با وجود ترکیب اسید چرب نسبتاً یکسان خواص فیزیکی کاملاً متفاوتی که علت آن شیوه توزیع متفاوت اسیدهای چرب آن‌هاست که در لارد انواع غیر اشباع بیشتر در موقعیت ۱ و ۳ قرار دارند در حالی که در کره کائو بخش عمده غیر اشباعیت در موقعیت ۲ قرار دارد.

چربی شیر دارای چند جنبه ویژه است. اسیدهای چرب بسیار متفاوت و شمار زیادی گلیسیرید دارد اسیدهای چرب کوتاه زنجیر آن از نظر شیمیایی اشباع هستند اما رفتار اسیدهای چرب غیراشباع را از خود نشان می‌دهند. همچنین دارای اسیدهای چرب ترانس می‌باشد که فراوان‌ترین آن‌ها الایدیک اسید  $C_{18}:1(9)_t$  است این اسیدهای چرب ناشی از انجام بیوهیدروژناسیون روی چربی‌های خورده شده دام در شکمبه می‌باشد.

توزیع اسیدهای چرب شیر به این صورت است که انواع  $C_4:0$  و  $C_6:0$  بیشتر از موقعیت های ۱ و ۳،  $C_{18}:0$  و  $C_{18}:1$  در موقعیت‌های ۱ و ۳ و  $C_{10}:0$  و  $C_{12}:0$  و  $C_{16}:0$  تصادفی و کمی متمایل به موقعیت ۲ می‌باشد. و  $C_{14}:0$  بیشتر در موقعیت ۲ قرار دارد.

در منابع نباتی بیشترین گلیسیریدها به صورت S-U-S و S-U-U می‌باشد.

### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

### دسته بندی روغن‌ها و چربی‌ها بر حسب منشأ

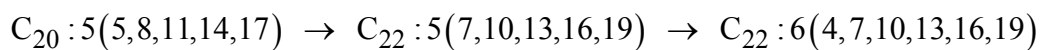
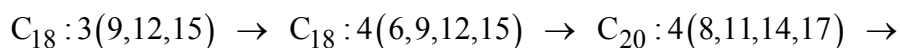
- چربی ذخیره‌ای جانوران خشک زی: اسیدهای چرب تشکیل دهنده تری گلیسریدهای جانوی یا منشاء درون‌زا (تولید شده از کربوهیدرات‌ها یا پروتئین‌ها) و یا منشاء برون‌زا (ناشی از تغییر در رژیم غذایی جانور) دارند.
- تقریباً همه چربی‌های جانوری ویژگی‌های زیر را دارند:
- ۱- بیشتر آن‌ها از اسیدهای چرب  $C_{16}$ ،  $C_{18}$  تشکیل شده‌اند.
  - ۲- بیشتر اسیدهای چرب 16 کربنه آن‌ها پالمیتیک اسید است و جالب این که در دامنه گسترده‌ای از گونه‌های جانوری مقدار پالمیتیک اسید ثابت است.
  - ۳- در بین اسیدهای چرب 18 کربنه، اولئیک از لحاظ مقدار غالب است و با استئاریک و لینولئیک همراه است. چربی اسب از لحاظ داشتن مقدار زیادی لینولنیک غیرعادی است که ناشی از رژیم غذایی خاصی چراگاهی آن است.

### چربی‌های شیر جانوران

- چربی شیر نهنگ و شیر دریایی با چربی ذخیره‌ای آن‌ها تفاوت خیلی کمی دارد اما چربی شیر نشخوار کنندگان با چربی بدن آن‌ها متفاوت است.
- در شیر مقادیر در خور توجهی اسیدهای چرب کوتاه زنجیر اشباع و مقادیر افزایش یافته‌ای از اسیدهای چرب  $C_{12}$ ،  $C_{14}$  و مقدار کاهش یافته‌ای از  $C_{18}$  وجود دارد.

### چربی‌های جانوران دریایی

- این گروه دارای چند ویژگی خاص است:
- ۱- شمار اسیدهای چرب بیش از 20 تا است.
  - ۲- اسیدهای چرب اشباع به طور عمده شامل پالمیتیک اسید است.
  - ۳- چندین نوع اسید چرب تک غیراشباع (مونواتنوئید) دارند ولی اولئیک همواره فراوان‌ترین است.
  - ۴- چندین نوع اسید چرب چند غیراشباع (پلی‌اتنوئید) دارد ولی همواره  $C_{20}:5$  و  $C_{22}:6$  غالب است. این گروه به خانواده لینولنیک هستند و مسیر سنتز آن‌ها به صورت زیر است.



\*روغن کوسه دارای مقادیر زیادی ترکیب غیرقابل صابونی شدن است که به طور اسکوالن می‌باشد.

\*بخش عمده روغن «نهنگ‌های اسپرم» از استرهای موم تشکیل شده است.

به طور کلی روغن منابع دریایی دارای عدد یدی خیلی بالا ( $IV = 110 - 200$ ) پس شدیداً احساس به اتواکسیداسیون هستند.

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

## چربی‌های گیاهی

بیشتر روغن‌های گیاهی در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  به حالت مایع هستند به جز موارد مثل روغن نخل (پالم) روغن هستند نخل (Palm Kernel Oil) و روغن نارگیل در دمای بالاتر ذوب می‌شوند. ترکیب روغن‌های بخش‌های مختلف گیاه و حتی بخش‌های مختلف یک میوه با هم متفاوت هستند مثلاً برگ‌های کلزا فاقد اسید اروسیک (اسید جرب شاخص روغن کرچک) می‌باشد. به طور کلی فراوان‌ترین اسیدهای چرب در روغن دانه‌های پالمیتیک، اولئیک و لینولئیک می‌باشد.

روغن دانه‌های سرشار از اسیدهای چرب چند غیراشباع (پلی اتنوئید) مخصوصاً آن‌هایی که بیش از 67% لینولئیک و لینولئیک دارند روغن‌های خشک شوند، محسوب می‌شوند. مثل بزرک که لینولئیک بالا دارد یا گلرنگ که لینولئیک بالایی دارد و یا روغن درخت کائوچو که مقادیر متوسطی از هر دو اسید چرب دارد.

**موم‌ها:** جزء لیپیدهای ساده بوده و استر اسیدهای چرب طویل زنجیر با الکل‌های مونوهیدریک طویل زنجیره هستند، اسیدهای چرب موم‌ها معمولاً از نوع اشباع هستند و در بسیاری از موم‌ها طول زنجیر اسید چرب و الکل برابر است. موم‌ها ترکیباتی جامد با نقطه ذوب بالا و مقاوم به صابونی شدن و اتواکسیداسیون هستند.

\*پارافین از لحاظ شیمیایی موم نیست بلکه مخلوطی از آلکان‌ها زنجیر مستقیم است. موم‌ها به دو گروه پوششی و تراوشی - ذخیره تقسیم می‌شوند.

موم‌های پوششی کوتیکول برگ و میوه را تشکیل می‌دهند مثل موم کارنوبا موم‌های تراوشی - ذخیره‌ای: تراوش‌های حشرات یا جانوران دیگر هستند مثل موم زنبور عسل یا موم پشم (لانولین ماده مومی است که از پشم به دست می‌آید) ولی گاهی به صورت لیپید ذخیره‌ای است مثل موم روغن جوجوبا.

## لیپیدهای مرکب

### فسفولیپیدها

از لحاظ ساختار مواد چربی مانندی است که در آن‌ها فسفریک اسید از یک سو با گلیسرول یا اسفنگوزین و از سوی دیگر با یکی از ترکیبات کولین، اتانول آمین، سرین، اینوزیتول یا گلیسرول دیگری استری شده‌اند. سه ترکیب کولین، اتانول آمین و سرین بازهای نیتروژن دار هستند و در pH های بدن بار مثبت دارند و چون گروه فسفات دارای بار منفی است پس فسفاتیدها آمفوتر هستند.

نام ساختاری این ترکیبات فسفاتیدیل و در پی آن نام باز نیتروژن دار قید می‌شود به این ترتیب فسفاتیدیل کولین (لستین) در زرده تخم مرغ، مخمر، لولیای سویا و بافت‌های جانوری مثل جگر وجود دارند.

فسفاتیدیل اتانول آمین (سفالین) هم در سویا به مقدار زیادی وجود دارد. همه روغن‌ها و چربی‌ها دارای مقادیر فسفولیپید هستند در چربی‌های جانوری مثل پیه گاو کمترین مقدار فسفو لیپید وجود دارد.

### یادداشت:

.....  
 .....  
 .....  
 .....

فسفو لیپیدها مواد فعال در سطح هستند چون هر دو بخش چربی دوست و آب دوست را دارند. با جدا کردن دو فاز می‌توان آن‌ها را از روغن جدا کرد مثل در هنگام تبدیل کره به روغن کره (روغن حیوانی) تمام فسفولیپید در فاز آبی می‌ماند به این ترتیب روغن کره فاقد فسفولیپید است پس از تصفیه روغن هم طی صمغ گیری، خنثی سازی و رنگبری فسفولیپیدها کاهش یافته و عملاً به صفر می‌رسد که مرحله اصلی حذف فسفولیپیدها صمغ گیری است.

تولید کنندگان لسیتین خام آن را اغلب به بخش‌های محلول و نامحلول در اتانول تفکیک می‌کنند. لسیتین خالص امولسیون کننده W/O با HLB حدود 3 می‌باشد. بخش نامحلول در اتانول برای پایدار سازی امولسیون‌های W/O و بخش محلول در اتانول برای امولسیون‌های O/W به کار می‌رود.

ترکیب اسید فسفولیپیدها با ترکیب اسید چرب روغنی که در آن وجود دارد متفاوت است گروه‌های آسیل در فسفولیپیدها غیر اشباع‌تر از گروه‌های مشابه در تری گلیسریدها می‌باشد توزیع اسیدهای چرب در فسفولیپیدها تصادفی نیست بلکه اسیدهای چرب غیر اشباع در موقعیت ۲ و انواع اشباع در موقعیت ۱ قرار می‌گیرند.

چون فسفولیپیدها دارای مقدار زیادی اسید لینولئیک هستند به اتواکسیداسیون حساس هستند، اسید چرب دیگری که معمولاً در آن‌ها وجود دارد پالمیتیک اسید است.

### اسفنگو فسفو لیپیدها

لیپیدهایی که دارای اسفنگوزین هستند، اسفنگولیپید نامیده می‌شوند. رایج‌ترین اسفنگو فسفولیپید، اسفنگو میلین است. اسفنگومیلین لیپیده عمده برخی از غشاهای جانوری (بافت عصبی) در گیاهان اهمیت کمی دارد و به احتمال در باکتری‌ها وجود ندارد.

### لیپیدهای مشتق شده

**ترین‌ها:** از این گروه اسکوالن است که یک هیدروکربن می‌باشد و یک ماده پیش ساز جهت ساخت کلسترول می‌باشد. کاروتن‌ها نیز در این گروه قرار دارند.

### استروئیدها

استروئیدها ترکیباتی هستند که دارای هسته مشترک سیکلوپنتانوفنانترین هستند. تفاوت آن‌ها در تعداد باند دوگانه و محل آن‌ها و نیز ماهیت زنجیر جانبی این ساختار است. استروئیدهایی که در زنجیر جانبی متصل به کربن شماره ۱۷ دارای ۸ تا ۱۰ اتم کربن بوده و یک گروه هیدروکسیل در کربن شماره ۳ هستند، استرول نامیده می‌شود.

طی نگهداری روغن‌ها حدود 30-45% استرول‌ها اکسید می‌شوند. در حالی که طی سرخ کردن تقریباً همه استرول‌ها به اکسیدها و اجزای دارای وزن مولکولی بالا تبدیل می‌شوند. در بین استرول‌های جانوری کلسترول از همه فراوان‌تر است و به مقدار کمتر لانوسترول وجود دارد. مقدار کلسترول در روغن‌های گیاهی بسیار کم است. بیشترین مقدار کلسترول در زرده تخم مرغ، روغن ماهی‌ها و چربی شیر یافت می‌شود.

### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

کلسترول خود به خود دچار اکسایش می‌شود.

کلسترول استرول عمده چربی شیر است و هنگامی که در معرض نور فلئورسنت قرار گیرد دچار اکسایش نوری می‌شود. روغن‌ها و چربی‌های گیاهی دارای فیتوسترول هستند. فراوان‌ترین آن‌ها بتاسیتوسترول است، استرول‌های دیگر شامل کمپسترول و استیگماسترول هستند.

در کلزا براسیکاسترول جایگزین استیگماسترول شده پس استرول شاخص روغن کلزا و نیز کانولا محسوب می‌شود.

جهت کاهش سطح کلسترول، استرول‌های گیاهی را به مارگارین‌ها می‌افزایند.

از ارگوسترول (استرول موجود در قارچ، مخمر و برخی گیاهان) تحت اثر نور U.V ویتامین D<sub>2</sub> و از ترکیبی به نام 7-دهیدروکلسترول، ویتامین D<sub>3</sub> ایجاد می‌شود. تشکیل استات استرول‌ها روشی جهت تفکیک بین استرول‌های گیاهی و جانوری می‌باشد. استات کلسترول‌ها دارای نقطه ذوب بالاتر از استات فیتوسترول‌ها می‌باشد.

ترکیبات غیر گلیسیریدی روغن‌ها شامل استرول‌ها، الکل‌های خطی، الکل‌های ترپنی، اسکوالن، کاروتنوئیدها و ویتامین‌های محلول در چربی است.

روغن‌های گیاهی خام کمتر از 5% و روغن‌های تصفیه شده کمتر از 2% ترکیبات غیر گلیسیریدی دارند.

لارد دارای بیشترین مقدار هیدروکربن، زیتون دارای مقادیر زیادی اسکوالن، و ذرت حاوی مقدار زیادی فیتواسترول می‌باشد.

در بیشتر چربی‌ها مقادیر زیادی ترکیب غیر گلیسیریدی وجود دارد مقدار این ترکیبات در روغن پنبه دانه، ذرت و لوبیای سویا نسبتاً بالاست و در روغن بادام زمینی و نارگیل و زیتون و پالم نسبتاً پائین است. چربی‌های جانوری مقدار بسیار کمی از این ناخالصی‌ها دارد.

ترکیبات دیگری مثل رافینوز و پنتوزان‌ها به مقدار زیادی در روغن پنبه دانه خام یافت می‌شود کمپلکس گلوکز - فیتوسترول (فیتوسترولین) را از روغن پنبه دانه جدا کرده‌اند.

**الکل‌های ترپنی:** این ترکیبات توسط کروماتوگرافی از استرول‌ها جدا شده‌اند از این الکل‌ها می‌توان به سیکلو آرتنول و ۲۴-متیل سیکلو آرتنول اشاره کرد.

**هیدروکربن‌های بی‌رنگ:** مهم‌ترین و فراوان‌ترین عضو این گروه اسکوالن است که هیدروکربنی با غیر اشباعیت بالا بوده و از لحاظ ساختاری شبیه کاروتن‌ها می‌باشد. اسکوالن یک ماده بی‌رنگ است زیرا پیوندهای دوگانه آن مزدوج نیستند.

هیدروکربن‌ها در تصفیه روغن‌ها در مرحله‌ی بو کردن در مواد فرار متمرکز می‌شوند.

## کاروتنوئیدها

کاروتنوئیدها هیدروکربن‌های بسیار غیر اشباع ایزوپرنوئیدی و مشتقات اکسیژن دار آن‌ها هستند که در چربی‌ها و حلال‌های آلی محلول بوده ولی در آب نامحلول هستند کاروتنوئیدها در چربی‌های جانوری و گیاهی خام فراوان هستند از چربی‌های متداول روغن پالم بیشترین غلظت کاروتنوئیدها را داراست هیدروژناسیون انتخابی (سلکتیو) چربی‌ها میزان غیر اشباعیت رنگدانه‌های کاروتنوئیدی را کاهش می‌دهد بنابراین رنگ چربی به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد این رنگدانه‌ها در برابر گرما نیز ناپایدار هستند به همین سبب بی‌بو کردن نیز سبب کاهش رنگ کاروتنوئیدها خواهد شد.

## یادداشت:

.....

.....

.....

.....

اکسیداسیون محدود کاروتنوئیدها می‌تواند باعث کاهش رنگ آن‌ها می‌شود هر چند معمولاً روغن بر اثر اکسایش به میزان قابل توجهی بی‌رنگ نمی‌شود مگر آن که اتواکسیداسیون تا نقطه بروز تندی پیش رود پس این روش برای از بین بردن کاروتنوئیدها به کار نمی‌رود. اکسیداسیون به ویژه در مواردی که هیدروپروکسید باقی مانده طی رنگبری حذف نشود اغلب روغن‌های گیاهی را تیره می‌کند در این رابطه لوبیای سویا و پنبه دانه در خور توجه هستند. این تیرگی رنگ روغن را به کرومان ۶۵۵ کینون‌ها نسبت می‌دهند که از پیش ساز بی‌رنگ گاماتوکوفرول تولید می‌شوند و نه از کاروتنوئیدها.

به جز در مورد روغن زیتون در مورد باقی روغن‌ها رنگ سبز نامطلوب است روغن لوبیای سویا هیدروژن دار شده اغلب از روغن‌های خام سبز رنگ‌تر است زیرا رنگدانه‌های قرمز و زرد روغن که رنگ سبز را می‌پوشانند با هیدروژناسیون بسیار آسان کاهش می‌یابند در حالی که کلروفیل تنها اندکی بی‌رنگ می‌شود.

مشخص شده که استفاده از کرومیت به عنوان کاتالیزور هیدروژناسیون در کاهش رنگ سبز کلروفیل موثر است.

مطالعات در مورد روغن کلزا نشان داده که چند ماه نگهداری این روغن پس از استخراج کلروفیل آن به فئوفتین تبدیل می‌شود.

در مارگارین و فرآورده‌های چربی که دارای رطوبت هستند گاهی ممکن است رنگ مایل به صورتی محلول در چربی پدید آید که ناشی از رنگدانه‌های تولید شده به وسیله میکروارگانیزم‌ها نیست.

**توکوفرول‌ها :** فراوان‌ترین گروه آنتی‌اکسیدان‌ها هستند. تفاوت توکوفرول‌ها در تعداد گروه‌های متیل متصل به بخش حلقوی است.

آلفا (۷۵ و ۸۰ تری متیل)، بتا (۷۵ دی متیل)، گاما (۷۷ دی متیل) و دلتا (۸ - متیل) می‌باشد.

توکوفرول‌ها دارای دو خاصیت ویتامینی و آنتی‌اکسیدانی هستند که ترتیب فعالیت آن‌ها عکس یکدیگر است. اثر آنتی‌اکسیدانی از آلفا به دلتا افزایش می‌یابد. اثر آنتی‌اکسیدانی توکوفرول‌ها در نور بسیار کمتر از تاریکی است.

در دمای بدن ( $37^{\circ}\text{C}$ ) ترتیب قدرت آنتی‌اکسیدانی و ویتامینی همسو با هم است اما در دمای بالاتر، این رابطه عکس می‌شود.

توکوفرول‌ها دارای رنگ زرد روشن تا بی‌رنگ هستند و به واسطه زنجیر جانبی بلندشان در چربی محلول‌تر هستند. توکوفرول‌ها همانند تمام آنتی‌اکسیدان‌های دیگر به آسانی اکسید می‌شوند و در شکل استری شده پایدار هستند.

بالاترین مقدار گاماتوکوفرول در روغن ذرت و لوبیای سویا و آلفاتوکوفرول در روغن آفتابگردان و پنبه دانه موجود است ایزومرهای  $\beta$  و دلتا توکوفرول در روغن‌های گیاهی بسیار کم هستند البته در روغن سویا مقادیر زیادی از دلتاتوکوفرول وجود دارد.

ترتیب نزولی کل توکوفرول‌ها در روغن‌ها به صورت زیر است.

ذرت، لوبیای سویا، پالم < پنبه دانه، آفتابگردان، کلزا < بادام‌زمینی، زیتون < نارگیل، هسته پالم

آلفا توکوفرول در غلظت‌های بالا به صورت یک پروکسیدان عمل می‌کند.

روغن کنجد و روغن پوسته برنج پس از هیدروژناسیون از روغن‌هایی مثل پنبه دانه، لوبیای سویا یا روغن بادام زمینی با غیر اشباعیت یکسان، در حد قابل توجهی پایدارتر هستند در حالی که این دو روغن مقادیر غیرعادی توکوفرول بالا ندارند. نشان داده شده است که پایداری بسیار بالایی روغن تنها به میزان توکوفرول بالای آن بستگی ندارد زیرا توکوفرول‌ها بیشترین اثر خود را در غلظت‌های نسبتاً پایین نشان می‌دهند مشخص است که پایداری زیاد روغن‌های کنجد و پوسته برنج مربوط به آنتی‌اکسیدان‌های قوی‌تر از توکوفرول‌هاست.

#### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

سزاملول تولید شده بر اثر هیدرولیز سزاملولین یک آنتی اکسیدان نیرومند موجود در روغن کنجد است. سزامین و سزاملولین مسئولی واکنش‌های رنگی ویژه روغن کنجد (آزمون‌های ویلاچیا و بودوئن) هستند.

فرولیک اسید آنتی اکسیدان موجود در روغن پوسته برنج است که بیشتر به صورت استری شده است. گوسیپول ماده پلی فنولی زرد رنگی بسیار واکنش پذیر موود در بخش‌های مختلف گیاه پنبه است. این ترکیب در روغن پنبه دانه خام موجود است. دارای خواص آنتی اکسیدانی نیرومندی است. وزن مولکولی بالایی دارد اما اساساً غیر فرار است پس طی بی‌بو کردن از روغن خارج نمی‌شود. اسکوالن نیز تا حدودی خواص آنتی اکسیدانی دارد.

فسفاتیدها به تنهایی در روغن خواص آنتی اکسیدانی ندارند اما برخی از آن‌ها نقش سینرژیستی دارند که این خاصیت مربوط به بخش سفالین (فسفاتیدیل اتانول آمین) می‌باشد که علت آن وجود گروه هیدروکسیل آزاد فسفریک اسید در سفالین می‌باشد. روغن‌ها و چربی‌ها منابع مهم ویتامین‌های محلول در چربی E, D, A هستند ویتامین A را مشتقی از بتاکاروتن می‌نامند که از شکستن یک مولکول بتاکاروتن و افزایش یک مولکول آب به هر یک از قطعه‌های آن به وجود می‌آید. آلفا و گاما کاروتن هم پیش ساز ویتامین A هستند ولی برخی دیگر از کاروتنوئیدها چنین حالتی ندارند پس شدت رنگ روغن همواره شاخص معینی از میزان پیش ویتامین آن نیست.

روغن پالم دارای مقدار بسیار زیادی کاروتن ( $\frac{1}{2}\alpha$  کاروتن،  $\frac{1}{2}\beta$  کاروتن) می‌باشد. روغن بدن بیشتر ماهی‌ها و جانوران دریایی دارای مقادیر زیادی ویتامین‌های A و D هستند منشأ فلزهای موجود در روغن‌های گیاهی همانند دیگر فرآورده‌های گیاهی خاکی است که گیاه در آن روئیده است در مورد نیکل باقی مانده کاتالیزور هیدروژناسیون اصلی‌ترین منبع می‌باشد. تصفیه قلیایی و رنگبری فرآیندهای اساسی جهت کاهش مقدار فلزات هستند.

### خواص فیزیکی روغن‌ها و چربی‌ها

حالت فیزیکی چربی‌ها و روغن‌ها از مایع تا سیال غلیظ تا یک جامد شکل پذیر و یا جامد شکننده متغیر است.

**چرب بودن:** روغن‌های چرب روغن‌هایی هستند که دارای روان سازی ماشین‌ها کاربرد دارند این روغن‌ها به مقدار زیادی توسط روغن‌های کافی جایگزین شده‌اند.

روغن‌های کانی آبکافت نمی‌شوند، هنگام مصرف اسیدی و خورنده نمی‌شوند و از روغن‌های چرب ارزان‌تر هستند. توانایی بهتر در چسبیدن به سطوح فلز به وسیله قشری بسیار نازک خصوصیت اصلی این روغن‌های چرب است که این خاصیت به طور عمده به علت فعالیت سطح است که به وسیله اسیدهای چرب آزاد موجود در روغن اعمال می‌شود. روغن‌های چرب دشوارتر از روغن‌های کانی در سطح فلز به وسیله آب جایگزین می‌شوند روغن‌های مناسب برای روان سازی آن‌هایی هستند که به اندازه کافی اشباع شده‌اند تا گرایش به صمغی شدن نداشته باشند در عین حال در دمای معمول مایع هستند.

روغن کرچک نسبت به روغن‌های معمولی ویسکوزیته بیشتری دارد پس برای روان‌سازی مناسب است ویسکوزیته آن با دما تغییر کمی می‌کند و تست سرمایی یا نقطه انجماد آن خیلی پائین است.

### یادداشت:

.....  
 .....  
 .....  
 .....

## ویسکوزیته

ویسکوزیته با افزایش وزن مولکولی زیاد می‌شود ولی با افزایش غیر اشباعیت و افزایش دما کاهش می‌یابد. ویسکوزیته روغن‌های پلیمری شده از ویسکوزیته روغن‌های معمولی خیلی بیشتر است. به این ترتیب با هیدروژناسیون ویسکوزیته روغن‌ها افزایش می‌یابد. ویسکوزیته روغن‌های دارای اسیدهای چرب با وزن مولکولی کم از ویسکوزیته روغن‌های با همان غیر اشباعیت ولی دارای اسیدهای با وزن مولکولی بالا، اندکی کمتر است.

ویسکوزیته روغن کلزا و دیگر روغن‌های دارای اسید اروسیک بالا از ویسکوزیته روغن‌هایی که غیر اشباعیت یکسانی دارند و از اسیدهای چرب  $C_{16}$ ,  $C_{18}$  ترکیب شده‌اند کمی بیشتر است. ویسکوزیته روغن کرچک از روغن‌های دیگر بسیار بیشتر است زیرا دارای ریسینولئیک بالایی است که به آسانی پیوندهای هیدروژنی تشکیل می‌دهند. سرخ کردن ویسکوزیته روغن‌ها را افزایش می‌دهد.

## کشش سطحی

کشش سطحی با افزایش طول زنجیر، بیشتر می‌شود و با افزایش دما کاهش می‌یابد. کشش سطحی به وسیله مونوگلیسیریدها یا فسفو لیپیدها و اسیدهای چرب آزاد و مقادیر ناچیز صابون به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد.

گلیسیریدهای خنثی نسبتاً فعالیت سطحی ندارد و میزان نگهداری آن‌ها به وسیله مواد جاذب از مواد غیر گلیسیریدی بسیار کمتر است از این موضوع در رنگبری روغن‌ها استفاده می‌شود. با افزودن مقادیر اندکی مونوگلیسیرید به چربی‌های خنثی کشش بین سطحی به شدت کاهش می‌یابد. علت این که فسفولیپیدها را می‌توان به عنوان امولسیفایر به کاربرد توانایی آن‌ها در کاهش کشش سطحی چربی و آب می‌باشد.

**وزن مخصوص:** برای بیان دانسیته روغن‌ها چربی‌ها از چگالی نسبی استفاده می‌شود که عبارتست از نسبت جرم ماده در دمای معین به جرم حجم مساوی آب در دمای مرجع.

چگالی روغن‌ها با عدد صابونی، یدی و مقدار آب رابطه مستقیم دارد ولی با دما و مقدار اسیدهای چرب آزاد رابطه عکس دارد.

**اندیس شکست:** روشی جهت تعیین درجه خلوص روغن‌ها و پیشرفت واکنش هیدروژناسیون و ایزومریزاسیون می‌باشد.

با افزایش طول زنجیر و تعداد باندهای دوگانه، اندیس رفراکت افزایش می‌یابد. اندیس رفراکت اسیدهای چرب سیس بیشتر از ترانس و اسیدهای چرب مزدوج بیش از انواع غیر مزدوج است و نمایه شکست مونوگلیسیریدها از نمایه شکست تری گلیسیریدها بیشتر است.

## نقطه ذوب

با افزایش غیر اشباعیت اسیدهای چرب نقطه ذوب کاهش و با افزایش طول زنجیر (در غیر اشباعیت یکسان) نقطه ذوب افزایش می‌یابد. نقطه ذوب اسیدهای چرب سیس کمتر از انواع ترانس و نقطه ذوب ایزومرهای غیر مزدوج کمتر از انواع مزدوج است.

اسیدهای چرب دارای جانسین متیل نسبت به  $n-1$  اسیدهای (نرمال اسیدها) با همان وزن مولکولی در دمای پائین‌تری ذوب می‌شوند و هنگامی که استخلاف به مرکز زنجیر آلکیل نزدیک می‌شود نقطه ذوب از همه کمتر است.

## یادداشت:

.....

.....

.....

.....



## پلی مورفیسزم

هر چربی دارای بیش از یک فرم کریستالی می‌باشد این پدیده به نام پلی مورفیسزم شناخته می‌شود. تغییر در فرم کریستال‌ها به صورت مونوتروپیک است یعنی از شکلی که دارای نقطه ذوب کمتر به شکلی که دارای نقطه ذوب بالاتر می‌باشد تغییر انجام می‌گیرد. هنگامی که ذوب شده تری گلیسیرید ساده‌ای را به سرعت سرد کنند به شکل بلورهای کوچک با پائین‌ترین نقطه ذوب (فرم کریستالی  $\alpha$ ) جامد می‌شود که بافتی نرم و مومی دارند، اگر این بلورها را به آهستگی گرما دهند ذوب می‌شوند و با نگهداری آن درست در بالای نقطه ذوب  $\alpha$  این بار به شکل  $\beta'$  در می‌آید. به همین شیوه شکل پایدار  $\beta$  را می‌توان از شکل  $\beta'$  به دست آورد.

شکل  $\beta$  همچنین با تبلور دوباره (کریستالیزاسیون مجدد) از حلال به دست می‌آید این تغییرات برگشت ناپذیر هستند  
تبلور از حلال  $\leftarrow \beta' \rightarrow \beta' \rightarrow \alpha \rightarrow$  مایع

چربی همواره تمایل دارد تا به پایدارترین فرم  $\beta$  در آید اما پایدارترین فرم ممکن است مطلوب باشد یا نباشد.

در شکل آلفا جهت محور زنجیره‌ها تصادفی است و به صورت هگزاگونال می‌باشد در فرم  $\beta'$  ردیف‌ها حالت یک در میان دارند و به صورت ارترومبیک هستند در فرم  $\beta$  ردیف‌ها یک جهت دارند و پایدارترین فرم را از لحاظ ترمودینامیکی دارد یعنی به شکل تری کلینیک است. سرعت تبدیل بین کریستال‌ها متغیر است در یک تری گلیسیرید نسبتاً خالص تغییر بلور  $\beta'$  به شکل  $\beta$  سریع است در حالی که در تری گلیسیریدهای مختلط (وضع طبیعی چربی‌ها) این تغییر طولانی است.

بلورهای  $\alpha$  دارای اندازه  $5\mu\text{m}$ ،  $\beta'$  دارای اندازه  $1\mu\text{m}$ ،  $\beta$  دارای اندازه  $25-50\mu\text{m}$  می‌باشند. شکل‌های بلوری کوچکتر  $\beta'$  می‌توانند مقدار زیادی مایع را در خود نگه دارند و ضمن این که به خواص هوادهی چربی کمک می‌کنند.

برای تولید چربی قنادی و مارگارین کریستال‌ها باید هر فرم  $\beta'$  آرایش یابند زیرا فرم  $\beta$  در محلول ایجاد حالت شنی یا Sandiness می‌کند.

روغن‌هایی که کریستال  $\beta$  تشکیل می‌دهند، پالمیتیک اسید کمتری دارند در حالی که چربی‌های نوع  $\beta'$  پالمیتیک زیادی دارند البته لارد و کره کاکائو استثناء هستند چون با وجود پالمیتیک زیاد 25-30% ایجاد می‌کنند که علت در مورد لارد غلظت بالای پالمیتیک در محل استخلاف  $\beta$  می‌باشد.

روغن کلزا با اروسیک بالا و پالمیتیک کم جزء دسته روغن‌های  $\beta'$  است. عیب عمده روغن سویا این است که فرآورده هیدروژن دار شده آن گرایش به تشکیل بلورهای  $\beta$  دارد این عیب را می‌توان با وارد کردن 15% از یک چربی دارای پالمیتیک اسید مثل پنبه دانه یا پالم برطرف کرد.

هر چه ترکیب گلیسیریدی خالص‌تر و یکنواخت‌تر شود کریستال‌ها از نوع  $\beta$  خواهند بود در حالی که هر چه ترکیب تری گلیسیریدی متنوع‌تر باشد تمایل به تشکیل کریستال  $\beta'$  بیشتر خواهد بود.

## یادداشت:

.....

.....

.....

.....

### فشار بخار، نقطه جوش، گرمای تبخیر

تری گلیسیریدهای دارای اسید چرب زنجیره بلند فشار بخار بسیار پائینی دارند. همچنین تری گلیسیریدها فشار بخار بسیار بیشتری از مونوگلیسیریدها دارند. اسیدهای چرب هم دارای فشار بخار بسیار بالایی دارند. نقطه جوش استراسیدهای چرب از خود اسیدهای چرب پائین تر است پس برای جداسازی آنها در گاز کروماتوگرافی از استر متیل اسیدهای چرب استفاده می شود.

**گرمای ویژه:** گرمای ویژه اسیدهای چرب با افزایش غیر اشباعیت بیشتر می شود گرمای ویژه چربی های مایع حدود دو برابر چربی های جامد است.

### حل پذیری در حلال های آلی

حل پذیری چربی ها و مشتقات آنها در حلال های آلی با کاهش دما، کاهش می یابد حل پذیری چربی ها در حلال ها آلی با طول زنجیر رابطه عکس و با غیر اشباعیت رابطه مستقیم دارد.

### حل پذیری در آب

حل پذیری چربی ها و اسیدهای چرب در آب با افزایش طول زنجیر کاهش می یابد. اسیدهای دارای بیش از شش اتم کربن گرچه اندکی در آب محلول هستند اما به علت ماهیت هیدروفیل گروه کربوکسیل از هیدروکربن های دارای تعداد کربن بیشتر در آب حل می شوند.

### حل پذیری گازها در چربی ها

حل پذیری همه گازها به جز کربن دی اکسید با بالا رفتن دما افزایش می یابد. حل پذیری گازها در اسیدهای چرب از حل پذیری آنها در چربی ها کمتر است.

یادداشت:

.....

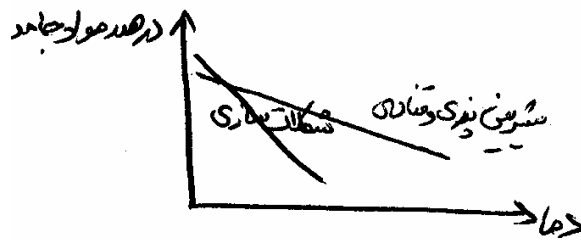
.....

.....

.....

## روغن‌ها و چربی‌ها

\* جامد بودن چربی‌ها در دمای اتاق به واسطه حضور مقادیری (بین 10-30%) فاز کریستالی جامد در آن‌هاست. که با تشکیل یک شبکه سه بعدی، فاز مایع را درون خود محبوس کرده‌اند.  
به وسیله حرارت دادن یا سرد کردن می‌توان نسبت این دو فاز را به هم تغییر داد.  
\* از نظر دمایی محدوده‌ای وجود دارد که در آن چربی نه زیاد از حد سفت و نه بیش از حد مایع است که به آن محدوده پلاستیک چربی می‌گویند.



\* هر روغن با هر محدوده پلاستیکی کاربرد محصول خود را دارد.  
\* روغن‌ها از لحاظ رئولوژیکی جزء مواد تیکسوتروپیک هستند.

### پلی مورفیسم

اگر یک روغن یا چربی در اثر حرارت ذوب شود، سپس به آرامی سرد شود. در این حالت ساختاری سفت‌تر با نقطه ذوب بالاتر خواهد داشت. این امر گواه این موضوع است که هر روغن یا چربی به طور بالقوه دارای چندین فرم کریستالی متفاوت است. این پدیده را پلی مورفیسم گویند.

### مونوتروپیسم

هر فرم کریستالی پس از ذوب شدن و سپس آرام سرد شدن به فرم کریستالی پایدارتر از خود تبدیل می‌شود. به این پدیده موتوتروپیسم گویند.  
هر چربی به طور بالقوه 3 فرم کریستالی اساسی دارد.

### (1) کریستال‌های $\alpha$

آرایش کریستال‌ها کاملاً تصادفی (هگزائگونال)  
ابعاد 5 میکرون

### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

۲) کریستال  $\beta'$

کریستال‌های سوزنی شکل

ابعاد 1 میکرون

آرایش یک ردیف در میان منظم (ارترومبیک)

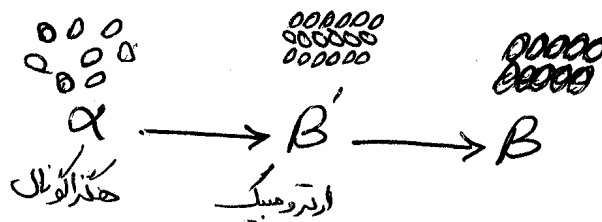
۳) کریستال  $\beta$

درشت

ابعاد 50 – 25 میکرون

کاملاً منظم

آرایش (تری کلینیک)



۴) فرم بی‌شکل یا آمورف (کریستالی نیست) ( $\gamma$ )

این فرم بی‌شکل یا آمورف بوده و بسیار ناپایدار است و سریع به  $\alpha$  تبدیل می‌شود (یعنی یک فرم پایدارتر)

اگر روغن را سریع سرد کنیم فرم کریستالی حاصل  $\alpha$  خواهد بود.

از نظر نقطه ذوب و دانسیته :  $\alpha < \beta' < \beta$

از نظر محتوای انرژی درونی (آنتالپی) :  $\beta < \beta' < \alpha$

بررسی‌ها نشان داده که هر چه ترکیب اسیدهای چرب یک روغن متنوع‌تر باشد، فرم کریستالی غالب آن  $\beta'$  است. در حالی که هر چه

تنوع اسیدهای چرب کمتر باشد فرم کریستالی  $\beta$  خواهد بود.

پنبه دانه، کلزا، پالم، کره، روغن ماهی  $\leftarrow \beta'$

آفتابگردان، سویای هیدروژنه، نارگیل، ذرت، لارد  $\leftarrow \beta$

\*روغن‌ها یا چربی‌هایی که دارای پالمیتیک  $\uparrow \leftarrow$  فرم کریستالی  $\beta'$

(نکته: در تمام جزوه  $\uparrow$  به معنای افزایش یا مقدار زیاد و  $\downarrow$  به معنای کاهش یا مقدار کم)

\*در هنگام تهیه مارگارین‌ها شورتنینگ‌ها (چربی نباتی هیدروژنه) باید مراقب بود که کریستال  $\beta$  تشکیل نشود (سرعت انجماد کنترل

کننده تشکیل کریستال می‌دهد). زیرا این حالت به فرآورده احساس شنی بودن یا Sandiness می‌دهد.

\*فرم مطلوب کریستال‌ها در مارگارین یا شورتنینگ‌ها  $\leftarrow \beta'$

یادداشت:

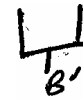
.....

.....

.....

.....

\* فرم  $\beta'$  ← بیشترین قابلیت نگهداری هوا را در خود دارد. پس در شورتینگ‌های قنادی خیلی مناسب است.

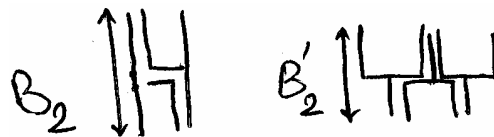


کریستال‌های  $\beta'$  ← حالتی دیپازونی



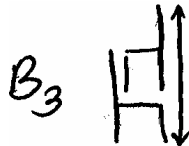
کریستال‌های  $\beta$  ← حالت صندلی

ساختار  $\beta_2$  فرم غالب کریستال‌های  $\beta$  است و در مورد کره کاکائو هم فرم اصلی است. در این فرم طول گلیسیرید 2 برابر طول زنجیره اسید چرب است. به همین ترتیب ساختارهای  $\beta'_2$  نیز وجود دارد.



اما وقتی که اسیدهای چرب از نظر طول زنجیره یا پیوند دو گانه اختلاف زیادی داشته باشند، ساختار  $\beta_3$  به وجود می‌آید.

\* در  $\beta_3$  ← طول گلیسیرید 3 برابر طول اسید چرب



## ویژگی‌های فیزیکی لیپیدها

### ۱- نقطه ذوب

\* نقطه ذوب یک تری گلیسیرید به چند عامل بستگی دارد:

- ۱- ترکیب اسید چرب
- ۲- فرم کریستالی
- ۳- نحوه استخلاف اسیدهای چرب در موقعیت‌های گلیسرولی

### عامل موثر بر نقطه ذوب اسیدهای چرب:

- ۱- غیر اشباعیت (رابطه عکس) (غیر اشباعیت  $\uparrow$  ← نقطه ذوب  $\downarrow$ )
- ۲- طول زنجیره (رابطه مستقیم) (طول زنجیر  $\uparrow$  ← نقطه ذوب  $\uparrow$ )
- ۳- ایزومری (ترانس < سیس)، (مزدوج < غیر مزدوج)
- ۴- اسیدهای چرب هیدروکسیلی (رابطه مستقیم)
- ۵- فاصله باند دوگانه از یک سر زنجیر (هر چه باند دوگانه به یک سر زنجیر نزدیکتر باشد ← نقطه ذوب  $\uparrow$  تر)

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

سؤال) از نظر نقطه ذوب مرتب کنید:

لوریک - پالمیتولئیک - استئاریک - لینولئیک - لینولنیک - آراشیدیک - پالمیتیک - اولئیک الائیدیک - مریستیک - واکسینیک - آراشیدونیک .

آراشیدیک < استئاریک < مریستیک < لوریک < الائیدیک < واکسینیک < اولئیک < پالمیتولئیک < لینولئیک < لینولنیک < آراشیدونیک

## ۲) ضریب شکست : $R_I$ : ضریب انکسار

\*ضریب شکست به عوامل زیر بستگی دارد:

۱- غیر اشباعیت (رابطه مستقیم) (هر چه غیر اشباعیت  $\uparrow R_I \leftarrow \uparrow$ )

۲- طول زنجیر (رابطه مستقیم) (هر چه طول زنجیر  $\uparrow R_I \leftarrow \uparrow$ )

۳- ایزومری (trans < cis)، (مزدوج < غیر مزدوج)

۴- اثر حرارت (رابطه مستقیم) (حرارت  $\uparrow R_I \leftarrow \uparrow$ )

\*اندازه گیری ضریب شکست :

- برای تعیین درجه خلوص روغن ها

- برای بررسی روند هیدروژناسیون

- تعیین نقطه پایانی هیدروژناسیون

هیدروژناسیون  $\downarrow R_I \leftarrow$  (چون باندهای دوگانه اشباع می شوند)

## ۳- چگالی

\*چگالی به عوامل زیر بستگی دارد :

۱- طول زنجیر (رابطه عکس) (طول زنجیر  $\uparrow \leftarrow \downarrow \rho$ )

۲- غیر اشباعیت (رابطه مستقیم) (غیر اشباعیت  $\uparrow$  یدی  $\uparrow$ ) (غیر اشباعیت  $\uparrow \leftarrow \uparrow \rho$ )

(زیرا باندهای دوگانه به سبب ایجاد تاخوردگی در زنجیره حجم را کاهش می دهند  $\uparrow \rho \leftarrow$ )

۳- اسیدهای چرب آزاد (رابطه عکس) (اسیدهای چرب آزاد  $\uparrow \leftarrow \downarrow \rho$ )

۴- دما (دما  $\uparrow \leftarrow \downarrow \rho$ )

## رنسیدیتی در روغن ها

هر نوع تغییر طعم یا بو در روغن ها یا چربی ها رنسیدیتی نامیده می شود.

### رنسیدیتی

۱- هیدرولیتیک  $\leftarrow$  عامل : آب ( $H_2O$ )

۲- اکسیداتیو  $\leftarrow$  عامل : اکسیژن ( $O_2$ )

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

### ۱) رنسیدیتی هیدرولیتیک



وقوع این واکنش (هیدرولیز تری گلیسیریدها) نیاز به کاتالیزور دارد.

که در منابع بیولوژیکی این کاتالیزور آنزیم لیپاز است.

بنابراین به این واکنش لیپولیز می‌گویند.

\*لیپاز آنزیمی است که به طرزی استثنایی کاهش فعالیت آب تا 0.3 و حتی 0.1 را تحمل می‌کند.

\*آنزیم لیپاز در  $\text{pH}$  های پایین نقش سنتز کننده دارد نه هیدرولیز کننده.

\*لیپاز قابلیت گزینش گری دارد (سلکتیویته) ← گزینش گری از نظر - مکانی - اسید چرب یعنی برخی انواع لیپاز فقط به برخی

اسیدهای چرب خاص و برخی دیگر به بعضی موقعیت‌های خاص در تری گلیسیرید حمله می‌کنند.

\*در استریل کردن پالم ← هدف آنزیم بری است.

فعالیت لیپاز ↑ ← لیپولیز ↑ ← FFA ↑ ← اندیس اسیدی ↑ ← نقطه دود ↓ ← کیفیت سرخ کردن ↓

\*میزان اسیدهای چرب یک روغن را با اندیس اسیدی می‌سنجند.

### روش‌های رنسیدیتی و هیدرولیتیک

۱) لیپاز ← (لیپولیز)

۲) حرارت ← در بی‌بو کننده‌ها و سرخ کن (هیدرولیز)

۳) اسید ← در سس مایونز (هیدرولیز)

۴) قلیا ← بیسکوئیت کرم دار (استفاده از بی‌کربنات آمونیوم) (هیدرولیز)

### ۲) رنسیدیتی اکسیداتیو

۴ نوع است.

۱) اتواکسیداسیون (اکسیداسیون خود به خودی)

۲- فوتواکسیداسیون : فاکتور تحریک کننده آن نور است.

۳- اکسیداسیون آنزیمی

۴-  $\beta$  اکسیداسیون (اکسیداسیون کتونی) فقط در اسیدهای چرب اشباع و کوتاه زنجیر ( $\text{C}_4 - \text{C}_{12}$ )

\*مهمترین اسید چربی که به  $\beta$  اکسیداسیون حساس است اسید لوریک ( $\text{C}_{12}$ ) است.

### ۱) اتواکسیداسیون

مهمترین و شایع‌ترین نوع رنسیدیتی اکسیداتیو روغن‌هاست.

در اسیدهای چرب غیر اشباع رخ می‌دهد.

\* و هر چه غیر اشباعیت ↑ ← سرعت اتواکسیداسیون ↑

\* این واکنش در سه مرحله آغازین، میانی و پایانی انجام می‌شود.

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

### الف) مرحله آغازین

در این مرحله تحت تأثیر یک عامل محرک خارجی (دما، نور، فلزات سنگین، مس و آهن و ... ) یک اتم H از کربن مجاور باند دوگانه جدا می‌شود.

زیرا این کربن‌ها سست‌ترین اتصال‌ها را با هیدروژن دارند.

(مثلاً در مورد اولئیک، کربن شماره 8 یا 11 و کاملاً تصادفی)

به این ترتیب یک رادیکال اسیدچرب ( $R^\circ$ ) و یک رادیکال H جدا می‌شود. در این حالت باند دوگانه به سمت کربن هیدروژن از دست داده حرکت می‌کند. و در اصطلاح رزونانس رخ می‌دهد.

پس بسته به این که، هیدروژن از کربن 8 یا 11 جدا شده باشد به ترتیب کربن‌های 10 یا 9 رادیکال می‌شوند.

### ب) مرحله میانی : (انتشار) (گسترش)

در این مرحله رادیکال اسیدچرب تولید شده،  $O_2$  می‌گیرد. و یک محصول حد واسطه ناپایدار به نام رادیکال پراکسی تولید می‌کند.

سپس رادیکال پراکسی تولید شده، خود به یک اسیدچرب سالم دیگر حمله نموده و هیدروژن مجاور باند دوگانه آن را جدا می‌کنند.

و به این ترتیب خود به فرم یک محصول نسبتاً پایدار به نام هیدروپراکسید در می‌آید. (محصول اول اتواکسیداسیون)

و اسیدچرب مورد حمله قرار گرفته رادیکال می‌شود.

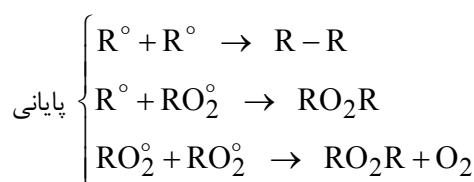
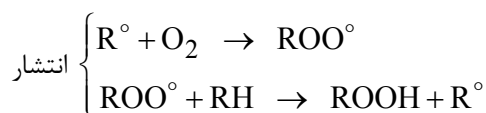
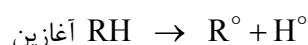
در این حالت مثلاً اگر اسیدچرب مورد حمله قرار گرفته باشد، هیدروژن از کربن شماره 11 جدا می‌شود.

یا در مورد لینولنیک از کربن شماره 11 یا 14 هیدروژن جدا می‌شود. وقوع پدیده رزونانس باعث می‌شود که ایزومریزاسیون رخ دهد. یعنی

Cis به ترانس تبدیل شود، غیر مزدوج‌ها را به مزدوج‌ها تبدیل شوند. یعنی پراکسیدهای تولید شده بیشتر وضعیتی trans و مزدوج دارند.

### ج) مرحله پایانی

در طی این مرحله رادیکال‌های باقیمانده آزاد موجود در روغن به هم ملحق می‌شوند و از فرم رادیکالی خارج می‌شوند.



\*به این ترتیب نخستین واکنش نامطلوب در رنسیدیتی اکسیداتیو روغن‌ها، بروز پدیده ایزومریزاسیون است.

\*هیدروپراکسید نسبتاً پایدار توسط فلزات سنگین شکسته می‌شود و دو دسته محصول تولید می‌شود.

(۱) محصولات با وزن مولکولی بالا و غیر فرار که در مرحله رنگبری توسط خاک رنگبر حذف می‌شود.

یادداشت:

.....

.....

.....

.....



۲) محصولات فرار (به ویژه آلدئیدها) که در مرحله بی‌بو کردن همراه با بخار خارج می‌شود.  
 \* محصولات فرار، محصولات دوم اتواکسیداسیون هستند که باعث ایجاد عطر و طعم نامطلوب در روغن می‌شوند.  
 \* ممکن است آلدئیدها اکسید شده و تبدیل به اسید آلی شوند که به آن‌ها محصول سوم اتواکسیداسیون می‌گویند.

محصول اولیه اتواکسیداسیون ← هیدروپراکسید  
 محصول دوم اتواکسیداسیون ← محصولات فرار (آلدئید، کتون)  
 محصول سوم اتواکسیداسیون ← اسید آلی

## عوامل موثر بر اتواکسیداسیون

### ۱) اکسیژن

مخازن روغن باید تحت خلاء یا تحت گاز ازت نگهداری شوند.

هر چه سطح تماس ↑ ← اتواکسیداسیون ↑

### ۲) غیر اشباعیت

الف) تعداد باند دوگانه : هر چه باند دو گانه ↑ ← سرعت اتواکسیداسیون ↑

هر چه اندیس یدی ↑ ← سرعت اتواکسیداسیون ↑

سرعت نسبی اتواکسیداسیون	اسید چرب
1	C <sub>18</sub> :0
100	C <sub>18</sub> :1
1200	C <sub>18</sub> :2
2500	C <sub>18</sub> :3

\* در اندیس یدی یکسان ← تری گلیسیریدی که از اسیدهای چرب چند غیراشباعی تر تشکیل شده سرعت اتواکسیداسیون بیشتری دارد.

–oleic –stearic

چون گروه‌های متیلن مرکزی بیشتری دارد و این گروه‌ها بسیار مستعد هیدروژن دهی هستند. مثلاً در مقایسه –oleic و –linoleic

–oleic –stearic

سرعت 2 بیشتر است چون یک لینولنیک سرعت نسبی اتواکسیداسیون بیشتری دارد.

\* اهمیت گروه متیلن مرکزی بسیار زیاد است ← پس وجود آن سرعت اتواکسیداسیون را خیلی زیاد می‌کند.

### ب) ایزومری

سرعت اتواکسیداسیون cis < ترانس مزدوج < غیر مزدوج

مثلاً اولئواستئاریک < α لینولنیک < لینولئیک < پالمیتولئیک

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

ج) محل استخلاف

اسید چرب استخلاف شده در موقعیت  $\beta$  ، احتمال اتواکسیداسیون کمتری دارد.

۳) دما

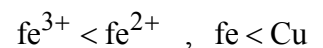
هر چه دما  $\uparrow$  ← سرعت اتواکسیداسیون  $\uparrow$  ← زمان مقاومت به اکسیداسیون  $\downarrow$   
 دمای  $60^\circ\text{C} <$  ← افزایش هر  $15^\circ\text{C}$  دما، سرعت اتواکسیداسیون را 2 برابر می کند.  
 یکی از تست های اندازه گیری پایداری اکسیداتیو روغن ها ← تست AOM (اکسیژن فعال) است.  
 که مدت زمان پایداری روغن در مقابل اتواکسیداسیون یا در اصطلاح فاز اکسیداسیون کند یا induction period را نشان می دهد.  
 نکته: در بررسی های مطالعات اکسیداسیون، شاهد همواره لارد است (چربی حیوانی). چون این چربی آنتی اکسیدان طبیعی ندارد.

۴) نور (به ویژه uv)

هم در مرحله آغازین و هم در مرحله تجزیه پراکسیدها موثر است.

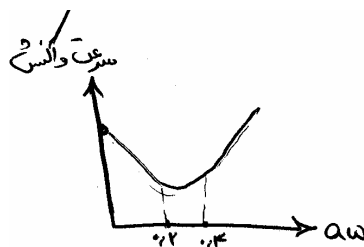
۵) فلزات سنگین

اثر اساسی خود را در مرحله تجزیه هیدروپراکسیدها نشان می دهد.



۶) آب

آب اثر متفاوتی روی اتواکسیداسیون دارد.



مسئله: کدام واکنش است که سرعت آن با افزایش  $a_w$  ، ابتدا کاهش و سپس افزایش می یابد؟

اتواکسیداسیون

کدام واکنش است که سرعت آن با کاهش  $a_w$  ، ابتدا کاهش و سپس افزایش می یابد؟

اتواکسیداسیون

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

### ۷) آنتی اکسیدان‌ها

دسته ۲ هستند } (۱) اولیه (واقعی) : با دادن هیدروژن به رادیکال آزاد پراکسی، اتواکسیداسیون را مهار می‌کنند.  
(۲) ثانویه (چنگالی کننده‌ها) (Chelating Agent)

آنتی اکسیدان‌های اولیه } (۱) طبیعی  
(۲) سنتتیک ← هر دوی آن‌ها ساختار فنولیک دارند.

کارایی یک آنتی اکسیدان در سهولت جدا شدن اتم هیدروژن از آن است. یک آنتی اکسیدان باید در طول دوره ماندگاری روغن خاصیت آنتی اکسیدان خود را حفظ کند. و خود پراکسیدان نشود.

آنتی اکسیدان‌های طبیعی } سزامول ← کنجد  
اسید فرولیک ← سبوس برنج  
گوسیپول ← تخم پنبه دانه  
توکوفرول ← (ویتامین E) ← روغن جوانه گندم، روغن زیتون

آنتی اکسیدان‌های سنتتیک } P.G پروپیل گالات ← در آب محلول تراز چربی  
BHA بوتیلیتد هیدروکسی آنیزول  
BHT بوتیلیتد هیدروکسی تولوئن  
TBHQ ترشیاری بوتیلیتد هیدروکسی کینون ← در برخی از کشورها ممنوع

از نظر قدرت آنتی اکسیدان : BHT < BHA < TBHQ

بین برخی از آنتی اکسیدان‌ها خاصیت سینرژسم وجود دارد. یعنی اثر آنتی اکسیدان همدیگر را تشدید می‌کنند (مثلاً BHA و BHT).  
اکسیداسیون به دو دوره اکسیداسیون کند (فاز القا) و اکسیداسیون سریع تقسیم می‌شوند.  
برای این که آنتی اکسیدان‌ها را با هم مقایسه کنند از فاکتور حفاظت (پروتئین tecton factor) استفاده می‌کنند.

$$P_f = \frac{I_A}{I_O} = \frac{\text{طول دوره اکسیداسیون کند یک روغن با آنتی اکسیدان}}{\text{طول دوره اکسیداسیون کند یک روغن بدون آنتی اکسیدان}}$$

\* طی دوره اکسیداسیون کند ← جذب اکسیژن به داخل روغن آرام است.

طبیعتاً یک آنتی اکسیدان باید طول این دوره را افزایش دهد. اما زمانی که تجزیه هیدروپراکسیدها آغاز می‌شود به ناگهان جذب اکسیژن بسیار تشدید می‌شود و به صورت لگاریتمی افزایش می‌یابد.

پس وظیفه یک آنتی اکسیدان ثانویه که یک ترکیب چنگالی کننده است این می‌باشد که یک (پیوند) کمپلکس کووالانس کنوردینانس یا پیوند داتیو با فلز می‌دهد.

### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

در این حالت ترکیب چنگالی کننده نقش لیگاند را دارد که جفت الکترون پیوندی را تأمین می‌کند.  
(در تشکیل چنگالی، بازو، باز لوئیس (دهنده زوج الکترون) و فلز، اسیدلوئیس (گیرنده خروج الکترون) است.) مهمترین چنگالی کننده صنعت روغن ← اسید سیتریک.

**نکته:** در مورد اسیدهای چرب 3 یا بیشتر از 3 باند دو گانه، در مرحله‌ی تجزیه هیدروپراکسیدها، ترکیبی به نام مالون آلدئید تولید می‌شود. که با تیوباربیتوریک اسید شناسایی می‌شود.

نکته: محصول اولیه اتواکسیداسیون ← هیدروپراکسید ← با تست پراکسید اندازه گیری می‌شود. (P.V)

محصول دوم اتواکسیداسیون ← آلدئید، کتون ← با تست آنیزیدین اندازه گیری می‌شود.

محصول اولیه و ثانویه ← با تست توتوکس اندازه گیری می‌شود.

\*تست توتوکس ← برای ارزیابی پایداری اکسیداتیو روغن‌های رنگبری شده به کار می‌رود. ضمن این که وضعیت حال (اندیس پروکسید) و گذشته روغن (اندیس آنیزیدین) را نشان می‌دهد.

## ۲) فوتواکسیداسیون

اکسیداسیون کاتالیز شده توسط نور است. در این واکنش نور به حساس کننده‌ها برخورد می‌کند. حساس کننده‌ها در حالت پایدار خود یعنی فرم یگانه قرار دارند. پس از جذب انرژی اضافی به فرم سه گانه در می‌آیند.

از این جا به بعد فوتواکسیداسیون می‌تواند در دو مسیر فوتواکسیداسیون I و II ادامه یابد.

### الف) فوتواکسیداسیون نوع I

در این فرم حساس کننده برانگیخته شده مستقیماً به اسید چرب غیراشباع حمله می‌کند و از آن یک اتم هیدروژن جدا می‌کند و ... (ادمه آن مثل اتواکسیداسیون).

### ب) فوتواکسیداسیون نوع II

در این نوع فوتواکسیداسیون، حساس کننده سه گانه (برانگیخته شده) به اکسیژن معمولی پایدار (سه گانه) ( $O_2^3$ ) حمله می‌کند و انرژی اضافی خود را به آن می‌دهد و آن را برانگیخته می‌کند یعنی به فرم ( $O_2^{*1}$ ) (اکسیژن یگانه) در می‌آورد.

این اکسیژن تولید شده بسیار فعال است به طوری که بدون نیاز به رادیکال آزاد مستقیماً به کربن دارای باند دو گانه حمله می‌کند و به این ترتیب هیدروپراکسید تشکیل می‌دهد.

در این واکنش فاز القا وجود ندارد. به عبارت دیگر سرعت فوتواکسیداسیون بسیار بیشتر از اتواکسیداسیون است.

**یادداشت:**

.....

.....

.....

.....

\*انجام فوتواکسیداسیون نوع I یا II بستگی به نوع حساس کننده دارد.

کلروفیل، دفتوفتین ، ریپوفلاوین هم دار (هم، میوگلوبین، هموگلوبین)	} طبیعی	} حساس کننده‌ها
اریتروزین (قوی‌ترین حساس کننده) متیلن بلو رُز بنگال		

### نکات فوتواکسیداسیون

(۱) آنتی اکسیدان‌ها قادر به مهار فوتواکسیداسیون نیستند.

زیرا اصولاً در این واکنش رادیکالی ایجاد نمی‌شود.

- ترکیبی که این واکنش را مهار می‌کند باید توانایی جذب انرژی اضافی اکسیژن برانگیخته شده را بدون این که خودش برانگیخته شود داشته باشد.

- کاروتنوئیدها از این گروه هستند.

از سوی دیگر کاروتنوئیدها به واسطه تعداد بسیار زیاد باند دوگانه مزدوجی که دارند در اتواکسیداسیون نقش پراکسیدانی دارند.

- در بین آنتی اکسیدان‌های رایج فقط توکوفرول‌ها توانایی مهار فوتواکسیداسیون را دارند.

قابلیت مهار واکنش فوتواکسیداسیون توسط توکوفرول‌ها به موازات قابلیت ویتامینی آن‌هاست.

(۲) هم روغن تصفیه شده و هم تصفیه نشده دچار اتواکسیداسیون می‌شوند. چون در تصفیه حساس کننده‌ها خارج می‌شود.

(۳) فوتواکسیداسیون بسیار سریع‌تر از اکسیداسیون است.

(۴) هیدروپراکسیدهای تولید شده در اتواکسیداسیون با فوتواکسیداسیون متفاوتند. اما پدیده نامطلوب ایزومریزاسیون در این جا هم رخ می‌دهد.

(۵) اکسیژن برانگیخته به یکی از کربن‌های دارای باند دو گانه حمله می‌کند. پس تعداد هیدروپراکسیدهای ممکن برای هر اسید چربی دو برابر باندهای دوگانه آن است و محل آن‌ها خود کربن باند دوگانه است. (مثلاً در اولئیک، هیدروپراکسید بر روی کربن ۹ یا ۱۰ رخ می‌دهد).

\*زیتون - سویا - کلزا (کانولا) دارای کلروفیل است.

زیتون تنها روغنی که رنگ سبز در آن مطلوب است و رنگبری نمی‌کنند. (تصفیه نمی‌شوند).

\*علت این که نگرانی درباره فوتواکسیداسیون کمتر از اتواکسیداسیون است، زنجیره‌ای نبودن این واکنش است.

(۶) در فوتواکسیداسیون، افزایش تعداد باندهای دو گانه تأثیر بسیار کمی در افزایش سرعت فوتواکسیداسیون دارد.

### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

### ۳ اکسیداسیون آنزیمی

کاملاً مشابه اتواکسیداسیون است. با این تفاوت که آنزیم لیپوکسی ژناز انرژی اکتیواسیون مرحله آغازین واکنش را بسیار کاهش می‌دهد. لیپوکسی ژناز به اسید چربی حمله می‌کند (اسیدهای چربی سوبسترای لیپوکسی ژناز خواهند بود) که:

- (۱) غیر مزدوج بوده و دارای سیستم CIS, CIS ۱ و ۴ پنتادی ان باشند.
- (۲) هیدروژن از کربنی که در موقعیت 8 قرار دارد جدا می‌شود.
- (۳) هیدروژنی که در موقعیت L قرار داشته باشد.

\*به این ترتیب مثلاً در مورد لینولنیک، هیدروژن از کربن شماره ۱۱ جدا می‌شود و ... (ادامه شبیه اتواکسیداسیون)

### نکات اکسیداسیون آنزیمی

- (۱) آنتی اکسیدان‌ها قادر به مهار این واکنش هستند.
- (۲) انرژی اکتیواسیون آغاز این واکنش خیلی کمتر از اتواکسیداسیون است.
- (۳) لیپوکسی ژناز دو نوع است.

× لیپوکسی ژناز نوع I ← اختصاصی عمل می‌کند. یعنی فقط بر روی اسید چرب آزاد عمل می‌کند. بدیهی است که در این حالت، فعالیت این آنزیم باید همراه با فعالیت لیپاز باشد.

× لیپوکسی ژناز نوع II غیر اختصاصی عمل می‌کند. یعنی هم به اسید چرب آزاد هم به استری شده حمله می‌کند.

- (۴) سویا اصلی‌ترین منبع استخراج لیپوکسی ژناز است. (هم منبع فسفولیپید، هم روغن)
- (۵) به آرد گندم مورد استفاده در نانوائی آرد سویا می‌افزایند.

آرد سویا به سبب داشتن لیپوکسی ژناز، کاروتنوئیدهای گندم (گزانتوفیل) را اکسید می‌کند. در این حالت، کاروتنوئید دیگر رنگ ندارد. پس رنگ نان حاصل از این آرد سفیدتر خواهد شد. ضمن این که ممکن است شکستن هیدروپراکسید حاصل باعث اکسید شدن گروه‌های سولفیدریلی گلوتن شده و تولید پیوندهای دی سولفید می‌نماید. که در این حالت قوام خمیر هم افزایش یابد.

- افزودن آرد سویا به آرد ماکارونی نامطلوب است. زیرا رنگ زرد مطلوب ماکارونی را از بین می‌برد.

\*لیپوکسی ژناز نمی‌تواند به کاروتنوئید مزدوج حمله کند.

پس واکنش با حمله لیپوکسی ژناز به یک اسید چرب غیر اشباع واجد شرایط مثل لینولنیک یا لینولئیک آغاز می‌گردد.

### ۳ β اکسیداسیون

این واکنش فقط در اسیدهای چرب اشباع کوتاه زنجیر رخ می‌دهد. یعنی از (C<sub>4</sub> - C<sub>12</sub>) برخلاف سه نوع قبل، محصول، ترکیب فراری به نام متیل کتون است.

ایجاد این ترکیب در پنیرهای آبی (پنیر روکفورت) مطلوب است.

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

### برگشت طعم (Flavor Reversion)

هنگامی که روغن ماهی تصفیه شده (نهنگ) نگهداری شده (پس از بی‌بو کردن و رساندن اندیس پراکسید به صفر) پس از مدتی معلوم شد در روغن عطر و طعم نامطلوب ایجاد شد.

بررس اندیس پراکسید نشان داد که در این حالت اندیس پراکسید در حد بسیار پایین است. میزان اکسیژن جذب شده به داخل روغن هم بسیار کمتر از اتواکسیداسیون است. اما تحت خلاء رخ نمی‌دهد. این واکنش به نام برگشت طعم شناخته نمی‌شود.

### نکات برگشت طعم

۱) در پراکسید پایین رخ می‌دهد.

۲) در روغن‌هایی رخ می‌دهد که لینولنیک  $(n-3):C_{18}$  (بزرگ، کانولا، سویا، روغن ماهی) بالایی درند یا ایزولینولنیک بالایی دراند.

۳) تئوری‌هایی وجود دارد که فسفولیپیدها را در واکنش برگشت طعم دخیل می‌داند.

۴) تفاوت اساسی برگشت طعم با اتواکسیداسیون (تندی) ← طعم ایجاد شده در روغن است. به این معنا که هر روغنی طی برگشت طعم، عطر و طعم ویژه خود را ایجاد می‌کند.

اما طی اتواکسیداسیون همه روغن‌ها تقریباً عطر و طعم واحدی ایجاد می‌کنند.

۵) عوامل تشدید کننده اتواکسیداسیون (دما، نور، فلزات سنگین ...) هم باعث تشدید این واکنش می‌شوند.

### اندیس‌ها

۱) اندیس یدی: مقدار گرم «یدی» که 100g روغن را اشباع می‌کند. یعنی برای اشباع شدن هر باند دو گانه‌ای یک مولکول «یدی»

مصرف می‌شود. هر چه غیر اشباعیت ↑ ← اندیس یدی ↑

۲) روش ویجس و هانوس برای اندازه‌گیری اندیس یدی روغن‌ها به کار می‌رود. در این حالت اندازه‌گیری اندیس یدی برای اسیدهای چرب غیر مزدوج پاسخگو می‌باشد.

در منابع روغن‌های نباتی لینولنیک غیر اشباع‌ترین اسید چربی است که یافت می‌شود، پس بالاترین اندیس یدی را دارد.

× امروزه به جای محاسبه اندیس یدی توسط این دو روش، میانگین غیر اشباعیت باندهای دو گانه را در چربی محاسبه می‌کنند.

در این حالت برای هر اسید چرب غیر اشباعی یک ضریب در نظر می‌گیرند، پس مقدار فراوانی آن اسید چرب را در آن عدد ثابت ضرب می‌کنند و مجموع به دست آمده را به عنوان عدد یدی در نظر می‌گیرند.

پالمیتولنیک (C <sub>16</sub> :0)	اولنیک (C <sub>18</sub> :1)	لینولنیک (C <sub>18</sub> :2)	لینولنیک (18:3)
0.95	0.86	1.732	2.616

سؤال) ترکیب اسید چربی به صورت زیر مشخص شده است. اندیس یدی آن را محاسبه کنید؟

10% لینولنیک، 42% لینولنیک، 35% اولنیک، 3.5% استئاریک، 7% پالمیتیک، 1.5% پالمیتولنیک.

$$(1.5 \times 0.95) + (35 \times 0.86) + (42 \times 1.73) + (10 \times 2.616) = 130$$

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

۲) **اندیس اسیدی**: معیاری از اسید چرب آزاد موجود در روغن است.

بالا بودن این اسید بیانگر میزان لیپولیز بالا در روغن است.

میلی گرم KOH لازم جهت صابونی کردن (خنثی کردن) اسیدهای چرب آزاد 1g روغن.

\* هر اسید چرب به یک KOH وصل می شود و صابون می دهد.

۳) **اندیس صابونی**: میلی گرم KOH لازم برای صابونی کردن 1g روغن.

\* اندیس صابونی (S.V) < اندیس اسیدی (A.V)

اندیس استری = اندیس اسیدی - اندیس صابونی ×

\* اندیس صابونی معیاری است از وزن مولکولی نسبی (طول زنجیره تری گلیسرید)

\* اندیس صابونی رابطه عکس با طول زنجیره (وزن مولکولی)

\* هر چه طول زنجیره اسید چرب ↑ در وزن یکسان، تعداد اسید چرب کمتری وجود دارد ← اندیس صابونی ↓

↓ صابونی

↓ دانسیته

↑ اندیس یدی

↑ دانسیته

↑ طول اسید چرب

↑ غیر اشباعیت

۴) **عدد رایشر مایسل**: نشان دهنده مجموع اسیدهای چرب فرار محلول در آب ( $C_4 - C_6$ )

۵) **اندیس پولنسک**: نشان دهنده مجموع اسیدهای چرب غیر فرار و غیر محلول در آب ( $C_8 - C_{14}$ )

۶) **کرشنر**: میزان اسید بوتیریک را نشان می دهد.

۷) **عدد استیلی (عدد هیدروکسیلی)**: میزان گروه های هیدروکسیل آزاد (OH آزاد) موجود در روغن

ترکیباتی مثل اسید ریسینوئیک - گلیسرول آزاد - کلسترول با این اندیس اندازه گیری می شوند. با پیشرفت عمل لیپولیز به واسطه ایجاد مونو و دی گلیسریدها، اندیس هیدروکسیلی افزایش می یابد.

۸) **تست تیوباربیوریک**: مالون آلدئید را اندازه گیری می کند که محصول حاصل از تجزیه هیدروپراکسیدهای تولید شده در نتیجه اتواکسیداسیون اسیدهای چرب دارای 3 یا بیشتر باند دوگانه می باشد.

۹) **تست کرایس**: یکی از حساس ترین اندیس ها به اتواکسیداسیون است به طوری که قبل از هر تغییر دیگری در روغن ها به وسیله

تست کرایس می توان به اکسیداسیون روغن ها پی برد. حتی قبل از این که اکسایش توسط خصوصیات حسی قابل اندازه گیری شود.

این تست شامل: تولید رنگ قرمز به هنگام است که فلوروگلوکوسینول با چربی اکسید شده در محلول اسیدی واکنش دهد.

**یادداشت:**

.....

.....

.....

.....



۱۰) **تست پراکسید:** معیاری است از غلظت هیدروپروکسیدهای حاصل از اتواکسیداسیون می‌باشد.

\* عدد پراکسید فقط شاخص خوبی از میزان اکسیداسیون در مراحل اولیه اکسیداسیون است.

\* هر چه میزان آنتی اکسیدان موجود در روغن بیشتر باشد عدد پراکسید آن در لحظه اکسیداسیون بالاتر است.

همچنین در این حالت (بالا بودن آنتی اکسیدان) ، مقدار اکسیداسیون لازم برای تولید تندی بیشتر می‌شود.

\* هنگامی که یک روغن، عدد پراکسید بالایی داشته باشد، یعنی خیلی زیاد اکسید شده باشد، می‌توان به وسیله عمل بی‌بو کردن، میزان بوی نامطبوع روغن را کاهش داد. اما در واقع این روغن هنوز کیفیت پایین دارد. زیرا محصولات غیر فرار حاصل هیدروپراکسیدها هنوز در روغن باقی مانده‌اند. می‌توان به وسیله افزودن مقادیر زیادی از روغن تازه به روغن آسیب دیده و یا بی‌بو کردن روغن بوی روغن را کاهش داد. در این دو حالت عدد پراکسید کاهش می‌یابد.

بو هم نخست بهبود می‌یابد، اما در واقع کیفیت روغن خوب هم پایین آمده و به این ترتیب عمر نگهداری آن (مجموع) کمتر می‌شود.

۱۱) **آنیزیدین:** محصولات تجزیه‌ای یا همان محصولات دوم اتواکسیداسیون را نشان می‌دهد.

۱۲) **توتوکس:** 2 برابر پروکسید + آنیزیدین = توتوکس

۱۳) **نقطه دود (smoke point):** پایین‌ترین دمایی است که روغن شروع به دود کردن می‌کند.

بالا بودن نقطه دود در روغن‌های سرخ کردنی پدیده مطلوبی است.

پایین بودن نقطه دود یکی از نشانه‌های لیپولیز است.

۱۴) **نقطه برق (flash point):** در صورتی که حرارتی که پس از نقطه دود همچنان ادامه یابد، فرآورده‌های فرار به اندازه‌ای تولید می‌شوند که غلظت آن‌ها در سطح روغن برای مشتعل شدن کافیست. اما غلظت در حدی نیست که شعله ممتدی تولید کند.

۱۵) **نقطه آتش (fire point):** در این جا دما به حدی بالاست که تجزیه ترکیبات چنان سریع صورت می‌گیرد که برای سوختن ممتد کافی است.

\* غیر اشباعیت اثر چندانی بر این‌ها ندارد.

بلکه نکته مهم وزن مولکولی (طول زنجیره) است. (طول زنجیره  $\uparrow$  ← نقطه دود  $\uparrow$ )

\* میزان حل پذیری چربی‌ها در حلال‌های آلی با افزایش طول زنجیر کاهش می‌یابد. و با افزایش باندهای دوگانه بیشتر می‌شود.

۱۶) **نقطه تیترا:** تیترا ویژگی مهم چربی‌های غیر خوراکی است. که برای صابون سازی به کار می‌رود.

همچنین در روغن‌های خوراکی نشانه‌ای از سفتی آن‌هاست.

طبق قانون امریکا، چربی‌های غیر خوراکی با نقطه دود زیر  $40^{\circ}\text{C}$  تحت عنوان گریس شناخته می‌شود و آن‌هایی که تیترا بالاتری دارند تحت عنوان پیه نامیده می‌شوند.

جهت اندازه گیری تیترا، چربی ذوب شده را سرد می‌کنند.

دمایی که در آن چربی متبلور می‌شود، نقطه تیترا می‌نامند.

استتاریک

هر چه نسبت \_\_\_\_\_ افزایش یابد، نقطه تیترا افزایش می‌یابد.

اولئیک

نقطه تیترا رابطه مستقیم با نقطه ذوب دارد.

**یادداشت:**

.....

.....

.....

.....

(۱۷) **تست سرمایی:** یکی از تست‌هایی است که روغن سالاد باید توانایی پاس کردن آن را داشته باشد. زمان لازم برای ایجاد کدورت در روغن، در این حالت روغن سالاد باید بتواند 5.5 ساعت در آب یخ (صفر درجه) شفافیت خود را حفظ کند. جهت این مورد روغن را زمستانه می‌کنند تا موم‌ها و استئارین‌های آن خارج شوند.

### اثر حرارت بر روغن‌ها

(۱) اندیس یدی ↓ کاهش

(۲) اندیس اسیدی ↑ افزایش (علت: هیدرولیز تری‌گلیسیریدها)

(۳) اندیس پراکسید ↓

(۴) اندیس آنیزیدین ↑

(۵) نقطه دود و مشتقات ↓

(۶) اندیس رفاکت ↑

(۷) ایزومریزاسیون ↑

(۸) پلیمریزاسیون ↑

در طی حرارت دادن سنگین روغن‌ها یک اسید چرب ایزومر شده (یعنی فرم ترانس مزدوج از طریق واکنشی به نام دیلز - آلدور به یک اسید چرب).

در پلیمریزاسیون ← در طی حرارت دادن سنگین و روغن‌ها یک اسید چرب ایزومر شده (یعنی فرم ترانس مزدوج) از طریق واکنشی به نام دیلز آلدور به یک اسید چرب طبیعی (یعنی CIS غیر مزدوج) متصل شده و به این ترتیب ابتدا دیمر و سپس پلیمرها را تشکیل می‌دهند. (همین پلیمریزاسیون ← اندیس رفاکت).

(۹) آکرولئین

این دما در حرارت‌های بسیار بالا تولید می‌شود.

به این ترتیب که گلیسرول، 2 مولکول آب از دست می‌دهد و تبدیل به آکرولئین می‌شود.

(۱۰) ↑ ویسکوزیته و تولید کف

هر دو به سبب پدیده پلیمریزاسیون هستند.

\* روغن‌های حرارت دیده، در ادامه در صورت استفاده مجدد در اندیس پراکسید پایین تری تند می‌شوند.

یعنی به اتواکسیداسیون حساس تر می‌شوند.

### واکنش‌های اضافی روغن‌ها

از آن جایی که روغن‌های طبیعی در بیشتر موارد، بیشتر ویژگی‌های مصرف کننده را دارند، بنابراین با انجام برخی واکنش‌های اضافی این روغن‌ها ویژگی‌های دلخواه را پیدا می‌کنند به مجموعه این واکنش‌ها واکنش‌های اصلاحی می‌گویند.

این واکنش‌ها شامل جزء به جزء کردن - اینتراستریفیکاسیون (میان استری کردن) - هیدروژنه کردن. هیدروژناسیون تنها واکنشی است که در آن ترکیب شیمیایی اسید چرب تغییر می‌کند.

**یادداشت:**

.....

.....

.....

.....

## اینتر استریفیکاسیون

فرآیندی است که طی آن برای اصلاح ساختار تری گلیسیریدی چربی‌ها، اسیدهای چرب استخلاف شده در موقعیت‌های آسیل متفاوت را بازآرایی می‌کند.

این بازآرایی می‌تواند درون مولکولی یا بین مولکولی باشد.

یعنی تغییر محل گروه‌های آسیل می‌تواند درون یک تری گلیسیرید یا بین مولکول‌های تری گلیسیرید مختلف انجام شود. به این ترتیب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی روغن یا چربی تغییر می‌کند بدون اینکه ساختار شیمیایی اسیدهای چرب تغییر کرده باشد.

پس در نتیجه، مجموعه‌ای از تغییرات به ویژه فیزیکی در تری گلیسیرید ایجاد می‌شود.

این اهداف به شرط زیر هستند:

### ۱- تغییر پروفیل ذوب چربی

معمولاً وقتی چربی یا روغن‌های گیاهی را اینتر استریفیه کنند، نقطه ذوب افزایش می‌یابد.

در روغن‌های جانوری تغییر مهمی در نقطه ذوب رخ نمی‌دهد.

و در مخلوط روغن‌ها معمولاً نقطه ذوب کاهش می‌یابد.

### ۲- بهبود سازگاری تری گلیسیریدهای مختلف با هم (در حالت جامد)

### ۳- بهبود پلاستیسیته محصول

مثلاً در مورد لارد که در حالت عادی حالت دانه‌ای دارد، پس از اینتر استریفیکاسیون تبدیل به یک چربی نرم و شکل پذیر می‌شود.

علت این که لارد در حالت عادی حالت دانه‌ای دارد ← وجود پالمیتیک در موقعیت  $\beta$  آن است که پس از اینتر استریفیه کردن رفع می‌شود و لارد قابلیت پف کردن ایجاد می‌کند.

یعنی به یک چربی قنادی خوب می‌شود.

x انجام اینتر استریفیکاسیون بدون کاتالیزور نیاز به دماهای خیلی بالا دارد.

که در عمل، زمان انجام واکنش رابه حدی طولانی می‌کند که فرآیند تجزیه و پلیمریزاسیون بیش از اینتر استریفیکاسیون انجام می‌شود.

بنابراین با استفاده از کاتالیزورها دمای فرآیند را کاهش داده‌اند.

به طوری که به دمایی حدود  $100-160^{\circ}\text{C}$  (برای زندومیزاسیون) و حدود  $30^{\circ}\text{C}$  برای اینتر استریفیکاسیون هدایت شده رسیده است.

\* کاتالیزور مورد استفاده در این واکنش ← ترکیبات قلیایی یعنی متوکسید سدیم  $(\text{NaOCH}_3)$  (سدیم متیلات) و یا اتواکسید سدیم

(سدیم اتیلات)  $\text{NaOC}_2\text{H}_5$

### یادداشت:

.....

.....

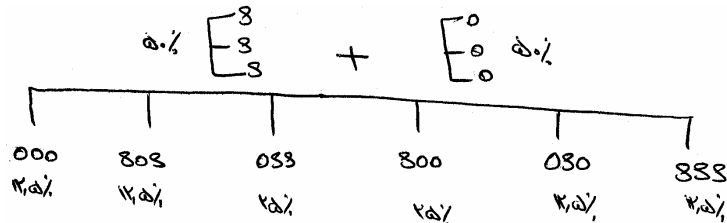
.....

.....

### رندومیزاسیون

در این حالت واکنش به صورت کاملاً تصادفی انجام می‌شود.

در اثر رندومیزاسیون مقادیر مساوی تری اولئین و تری استئارین 6 تری گلیسیرید با درصدهای زیر به وجود می‌آید.



\* اما در عمل همواره هدف از اینتراستریفیکاسیون رسیدن به تری گلیسیریدهای یکنواخت‌تر است. (اینتراستریفیکاسیون تشکیل کریستال‌های  $\beta$  را تشدید می‌کند).

یعنی در اینتراستریفیکاسیون هدف رسیدن به تری اولئین و تری استئارین است.

\* رندومیزاسیون چون در دماهای بالا انجام می‌شود (بالتر از نقطه ذوب چربی)، بنابراین هر دو فاز جامد و مایع در این واکنش شرکت می‌کنند.

### اینتراستریفیکاسیون هدایت شده

چون در دمای پایین‌تر از نقطه ذوب چربی انجام می‌شود بنابراین فقط فاز مایع در آن شرکت می‌کند. در این واکنش پس از مدتی که واکنش انجام می‌شود آن را متوقف می‌کند.

در این حالت ترکیب تعادلی از تری گلیسیریدها وجود دارد، آن را سرد می‌کنند.

تری گلیسیریدهای کاملاً اشباع که نقطه ذوب بالایی دارند (در نتیجه نقطه تیر بالایی دارند) زودتر می‌بندند آن‌ها را از سیستم جدا می‌کنند.

واکنش دوباره آغاز می‌شود.

در این حالت تری گلیسیریدهای اشباع بیشتری ساخته خواهد شد.

تا این که در نهایت انواع اشباع و انواع غیر اشباع تری گلیسیریدها از هم جدا می‌شوند.

\* حال می‌توان با استفاده از نسبت‌های مناسب از این تری گلیسیریدها روغن یا چربی با اندیس یدی مناسب تهیه کرد.

**نکته:** مزیت بزرگ اینتراستریفیکاسیون به هیدروژناسیون در «عدم وقوع پدیده نامطلوب ایزومریزاسیون» است.

- در تکنولوژی روغن انجام پدیده رندومیزاسیون رایج‌تر از نوع هدایت شده است. واکنش اینتراستریفیکاسیون شیمیایی دارای افت بسیار زیادی است. زیرا مقادیر زیادی صابونی (ناشی از واکنش اسید چرب آزاد با کاتالیزور قلیایی) و مقادیر زیادی مونو و دی گلیسیرید به وجود می‌آید. معمولاً مقدار افت حداقل 15 برابر مقدار کاتالیزور مصرف شده است. که خود کاتالیزور 0.1% مقدار روغن مصرف می‌شود. به این ترتیب اینتر استریفیکاسیون واکنشی است هزینه بر. عمده‌ترین هزینه مربوط به ضایعات روغن است. واکنش اینتراستریفیکاسیون در رآکتورهایی انجام می‌شود که مجهز به خلاء هستند. مورد بسیار مهمی که باید در فرآیند توجه شود سموم کاتالیزور و اینتراستریفیکاسیون هستند. بدترین ناخالصی برای کاتالیزور اینتراستریفیکاسیون آب است. وجود آب باعث تشدید پدیده صابونی شدن می‌شود. همچنین ترکیباتی مثل اسیدهای چرب آزاد و پراکسیدها هم جز ناخالصی‌های این کاتالیزور هستند. پس خشک بودن روغن هنگام انجام عملیات اینتراستریفیکاسیون بسیار مهم است.

**یادداشت:**

.....

.....

.....

.....

حرارت دادن روغن در دمای بالا، تحت خلاء باعث خشک شدن آن می‌شود. این فرآند باعث کاهش پراکسیدها هم خواهد شد. به این ترتیب عملیات خنثی سازی و رنگبری قبل از اینتراستریفیکاسیون بسیار ضروری است.

\* در انتهای واکنش مهمترین تغییری که صورت می‌گیرد ایجاد رنگ قهوه‌ای در روغن است که با پیشرفت واکنش شدیدتر می‌شود.

\* جهت اتمام واکنش به داخل روغن آب می‌افزایند.

هر چه می‌توان با افزودن اسید هم این واکنش را پایان داد.

\* جهت حذف رنگ قهوه‌ای باید مقادیری خاک رنگبر به روغن افزود.

## اینتراستریفیکاسیون آنزیمی

در این واکنش از لیپاز استفاده می‌شود. به ویژه لیپازهایی که انتخاب گری نسبت به موقعیت دارند. اینتراستریفیکاسیون آنزیمی چندین ساعت و حتی روز طول می‌کشد. و بسیار گران‌تر از واکنش شیمیایی است. ضایعات خیلی کمتری هم ایجاد می‌کند. اما در عوض خیلی گران‌تر و زمان برتر است. معمولاً فقط زمانی استفاده می‌شود که: هدف تولید محصول کاملاً ویژه‌ای است

## هیدروژناسیون

تنها واکنش شیمی است که بر روی ساختار اسیدهای چرب رخ می‌دهد. در طی هیدروژناسیون که یکی از فرآیندهای مهم اصلاحی روغن است، هیدروژناسیون بر محل باندهای دوگانه اضافه می‌شود و به این ترتیب ساختار باند دوگانه اشباع می‌شود.

## اهداف هیدروژناسیون

- ۱) مهمترین هدف واکنش هیدروژناسیون تبدیل روغن‌های مایع به چربی‌های نیمه جامد یا جامد است.
- ۲) هدف دیگر، افزایش پایداری روغن‌هاست. چون هر چه تعداد باندهای دوگانه کاهش یابد احتمال اتواکسیداسیون کاهش و نقطه ذوب افزایش می‌یابد. اشباع شدن باندهای دوگانه باعث بروز چند پیامد در روغن خواهد شد که شامل:
  - افزایش نقطه ذوب - افزایش پایداری اکسیداتیو - کاهش ضریب شکست روغن - کاهش رنگ روغن‌ها (به واسطه اشباع شدن کاروتنوئیدها) - کاهش خاصیت ویتامینی (به دلیل اشباع شدن کاروتنوئیدها).
- ۳) هیدروژناسیون مجموعه بوهای روغن را حذف می‌کند. اما بویی موسومی به بوی هیدروژناسیون در روغن ایجاد می‌کند که حتماً باید در فرآیند بی‌بو کردن حذف شود.
- ۴) در طی هیدروژناسیون مقدار اسیدهای چرب آزاد روغن تغییر نمی‌کند (اندیس اسیدی) هر چه ممکن است وجود آب (به صورت کنترل نشده) باعث هیدرولیز روغن‌ها و افزایش اسید چرب آزاد شود.

## یادداشت:

.....

.....

.....

.....

**نکته:** در هیدروژناسیون همه مواد باید خشک باشند (کاتالیزور - هیدروژن - روغن) .

\* ترکیباتی مثل توکوفرول ها و استرول ها تحت تأثیر هیدروژناسیون قرار نمی گیرند.

\* ویژگی هایی از روغن که به غیر اشباعیت ارتباطی ندارند (اندیس پولنسک - رایشرمایسل - میزان ترکیبات غیر صابونی شدن به جز کاروتنوئیدها - هیدروکسیل ها) تحت تأثیر هیدروژناسیون قرار نمی گیرد.

\* اساس واکنش هیدروژناسیون وارد کردن هیدروژن به باندهای دوگانه در حضور کاتالیزور است.

هیدروژناسیون به 2 طریق انجام می پذیرد:

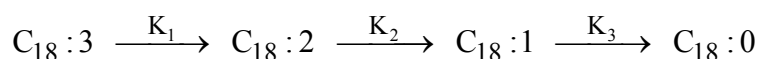
### ۱) هیدروژناسیون کامل

در این حالت هدف رسیدن به استتارین است. بدیهی است که در این حالت چون باند دوگانه ای در انتها باقی نخواهد ماند پس وقوع پدیده ایزومریزاسیون هم منتفی است. اما مشخص شده که اسیدهای چرب کاملاً اشباع از لحاظ تغذیه ای مضرند.

### ۲) هیدروژناسیون جزئی

یعنی واکنش قبل از اشباع شدن کامل روغن ختم می شود. در این حالت مقادیری از غیر اشباعیت در انتهای واکنش وجود دارد.

پس واکنش می تواند انتخابی (selective) یا غیر انتخابی (non selective) باشد.



### هیدروژناسیون سلکتیو

در این واکنش اساس کار بر این است که ابتدا غیر اشباع ترین اسید چرب، یک مولکول هیدروژن دریافت می کند و تبدیل به اسید چرب اشباع تر از خود می شود. و تا زمانی که هیدروژناسیون غیر اشباع ترین اسید چرب (در حد جذب یک هیدروژن) به اتمام نرسیده نوبت هیدروژناسیون اسید چرب بعدی نمی شود. مثلاً در مورد روغن کانولا تا وقتی که هیدروژناسیون  $C_{18}:3$  و تبدیل آن به  $C_{18}:2$  تمام نشده باشد نوبت هیدروژناسیون  $C_{18}:2$  ها نخواهد شد. پس می توان نتیجه گرفت در مورد این روغن، اگر هیدروژناسیون سلکتیو باشد مقدار لینولئیک ابتدا افزایش می یابد سپس کم می شود.

در یک تعریف سلکتیویته: به معنای ارجحیت تبدیل لینوئیک به اولئیک نسبت به اولئیک به استئاریک.

$$SR = \frac{K_2}{K_3}$$

### هیدروژناسیون غیر سلکتیو

در این حالت نیز هیدروژناسیون با غیر اشباع ترین اسید چرب آغاز می شود. اما پس از این که فقط کمی از این اسید چرب اشباع شد، نوبت هیدروژنه شدن بقیه هم می رسد. مثلاً پس از این که فقط مقدار کمی  $C_{18}:3$  تبدیل به  $C_{18}:2$  شد (قبل از اتمام آن)، نوبت هیدروژناسیون  $C_{18}:2$  ها فرا رسیده است. یعنی در این حالت فرآیند هیدروژناسیون به گونه ای انجام می شود که انواع اسیدهای چرب با هم در حال هیدروژنه شدن هستند.

به این ترتیب مشخص می شود که سلکتیویته پدیده بسیار مهم در هیدروژناسیون است. زیرا ویژگی های روغن هیدروژنه را تعیین می کند.

**یادداشت:**

.....

.....

.....

.....

## مکانیسم هیدروژناسیون

در چند مرحله انجام می‌شود:

۱- جذب سطحی باند دوگانه روی سطح کاتالیزور.

۲- جذب یک اتم هیدروژن به باند دوگانه و تشکیل یک ترکیب نیمه اشباع ناپایدار.

۳- (a) جذب یک اتم هیدروژن دیگر ← اشباع شدن باند دوگانه ← ترک سطح کاتالیزور

(b-3) عدم جذب اتم هیدروژن دیگر و در نتیجه جدا شدن همان هیدروژن اولی.

\*نکته مهم این است که متصل شدن هیدروژن اولی باعث می‌شود تغییری در ساختار اسید چرب رخ دهد. که این پدیده ایزومریزاسیون نامیده می‌شود.

\*\*\*فرآیند دادن و گرفتن هیدروژن ممکن است بارها انجام شود. یعنی اسید چرب تلاش خواهد کرد که به پایدارترین حالت خود در آید. به این ترتیب محل باند دوگانه در جهت مزدوج شدن تغییر می‌کند. (غیر مزدوج ← مزدوج) و ایزومر فضایی نیز در جهت ترانس شدن تغییر می‌کند. (trans ← cis)

پس در نتیجه فرم‌های نامطلوب اسید چرب ایجاد می‌شود.

\*اسیدهای چرب cis 4 برابر سریع‌تر از trans دچار هیدروژناسیون می‌شود. بنابراین با پیشرفت واکنش هیدروژناسیون مقدار اسیدهای چرب ترانس هر لحظه بیشتر می‌شود اما از سویی دیگر انواع مزدوج سریع‌تر از غیر مزدوج‌ها هیدروژنه است. پس در انتهای واکنش اسیدهای چرب مزدوج زیادی در سیستم باقی نخواهند ماند.

سرعت واکنش	سلکتیویته	ایزومریزاسیون
+	-	-
+	-	-
+	+	+
+	+	+
+	+	-

در هیدروژناسیون می‌توان از کاتالیزور یک یا چند بار استفاده کرد.

<p>رسیدن به سلکتیویته بالا یکنواختی بیشتر محصول تولید شده کاهش ایزومریزاسیون</p>	}	<p>مزایای یکبار استفاده از کاتالیزور</p>
--	---	--

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

\*اما در صورت استفاده چند مرحله‌ای از کاتالیزور باید هر بار قسمتی از کاتالیزور مصرف شده را با کاتالیزور تازه مخلوط کرد.

<p>صرفه جویی در هزینه‌ها</p> <p>افزایش سلکتیویتی</p> <p>افزایش ایزومریزاسیون</p>	}	<p>مزایای استفاده از کاتالیست</p> <p>مستعمل</p>
--	---	---

هیدروژناسیون واکنشی است که به صورت غیر مداوم می‌شود. البته نوع مداوم آن هم انجام می‌شود. ولی مزایای هیدروژناسیون غیر سلوم را ندارد.

\*واکنش هیدروژناسیون گرمازا است و به ازای هر واحد کاهش اندیس یدی  $1.7^{\circ}\text{C}$  دمای کنورتور بالا می‌رود. یعنی واکنش در دمایی کمتر از دمایی نهایی آغاز می‌شود و سپس خود به خود افزایش می‌یابد.

### کاتالیزور

متداول‌ترین کاتالیزور صنعت روغن نیکل احیا شده است اما علاوه بر آن می‌توان از کاتالیزوری به نام کرومیت مس استفاده کرد. کرومیت مس سلکتیویتهٔ لینولنیک بالایی دارد. برای هیدروژنه کردن سویا مناسب است. اما مس پراکسیدان است. - همچنین این کاتالیزور کنورتور خاص خود را می‌خواهد. - محصول تولید شده حتماً زمستانه کردن می‌خواهد پس استفاده آن چندان رایج نیست. - فلزاتی مثل نیکل - کبالت - پلاتین - پلادیوم هم به عنوان کاتالیزور به کار می‌رود. اما بحث هزینه‌های مالی همیشه مطرح است.

\*کاتالیزورها دارا اثر آستانه‌ای هستند.

یعنی ابتدا جذب ناخالصی‌ها می‌شوند. سپس کاتالیزورهای فعال باقیمانده عمل هیدروژناسیون را انجام می‌دهند. به این ترتیب هر چه روغن ورودی ناخالصی بیشتری داشته باشد مصرف کاتالیزور آن افزایش خواهد یافت. این ترکیبات تحت عنوان سموم کاتالیزور هستند. مسمومیت کاتالیزور می‌تواند برگشت پذیر یا برگشت ناپذیر باشد.

بدترین سموم کاتالیزور ترکیبات گوگردی مثل گاز  $\text{H}_2\text{S}$  که ممکن است در هنگام تولید هیدروژن، در آن وجود داشته باشد. صابون - فسفر - اسیدهای چرب آزاد (اولین ترکیبی که با کاتالیزور واکنش می‌دهد) - مونوکسید کربن آب ← جزء ترکیبات مسموم کننده یا غیر فعال کننده کاتالیزور هستند.

\*مسمومیت با سولفور میزان ایزومر trans را افزایش می‌دهد.

\*در روغن‌هایی مثل کلزا که کلروفیل زیادی دارند و نیز اسید چرب گوگرد دار باید کاتالیزور بیشتری مصرف شود.

در واکنش هیدروژناسیون تغییرات دما و تغییرات دور هم زن چندان کاربرد تکنولوژیکی ندارند. به این معنا که خیلی نمی‌توان آن‌ها را تغییر داد. اما تغییرات فشار گاز هیدروژن و فعالیت کاتالیست مواردی هستند که در عمل کاربرد تکنولوژیکی دارند. یعنی می‌توان آن‌ها را کم و زیاد کرد.

**یادداشت:**

.....

.....

.....

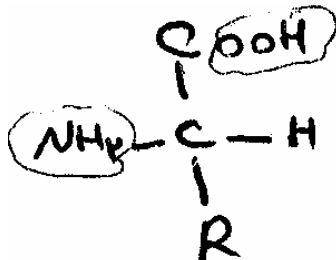
.....



## پروتئین‌ها

پیچیده‌ترین و واکنش‌پذیرترین گروه ترکیبات مواد غذایی هستند. پروتئین‌ها نسبت به سایر ترکیبات وزن مولکولی بالاتری دارند. علاوه بر کربن و هیدروژن و اکسیژن همواره ازت دارند. (وجه مشخصه پروتئین‌ها) به این معنا که جهت محاسبه مقدار پروتئین‌ها، ازت آن را اندازه گیری می‌کنند. ازت آلی نمونه‌ها توسط روش کلدال تعیین می‌شود و در فاکتور پروتئین ضرب می‌کنند تا درصد پروتئین معین شود. - ازت آلی: آمینو اسید، پپتیدها، پروتئین‌ها، اوره فاکتور پروتئین مواد غذایی معمولاً 6/25 است که در این حالت فرض بر این است که پروتئین‌ها ۱۶ درصد ازت دارند.

\* پروتئین‌ها از واحدهایی به نام آمینواسید تشکیل شده‌اند. آمینو اسیدها در واقع از لحاظ شیمیایی از جانشین شدن گروه آمین به جای بنیان هیدروژن یکی از کربن‌های اسیدهای کربوکسیلیک ایجاد می‌شود. اسیدهای آمینه بر مبنای محل جانشینی گروه آمین طبقه‌بندی می‌شوند. در  $\alpha$  آمینواسیدها که اسیدهای آمینه طبیعی هستند، گروه آمین روی کربن  $\alpha$  یعنی اولین کربن بعد از کربوکسیل قرار دارد. وجود داشتن گروه آمین دیگری بر روی یکی از کربن‌های زنجیره R اشکالی ندارد. مثلاً لیزین،  $\epsilon$  آمینو اسید است یعنی علاوه بر این که گروه آمین روی کربن  $\alpha$  است روی کربن  $\epsilon$  هم وجود دارد. تقسیم بندی دیگری بر مبنای سمت قرارگیری آمین نسبت به کربوکسیل وجود دارد. یعنی در ساختار فیشر اسید آمینه، اگر  $\text{NH}_2$  سمت چپ گروه کربوکسیل بود L و اگر راست آن بوده آمینو اسید وضعیت D دارد. این نوع ارزش غذایی ندارند یعنی آمینو اسیدهای موجود در غذا و جانوران و گیاهان فرم L است. آمینو اسیدی سری D در دیواره سلولی باکتری‌ها وجود دارند.



### مبنای طبقه‌بندی آمینو اسیدها ماهیت شیمیایی زنجیره R است.

ساده‌ترین آمینو اسید آمینو استیک اسید (گلایسین است)، که در آن به جای R یک H قرار گرفته. به جز این مورد در تمام آمینو اسیدها کربن  $\alpha$  نامتقارن است پس از لحاظ نوری فعال است. \*رافینوز و آمینو اسیدها به واسطه داشتن خاصیت انحراف نور پلاریزه در تکنولوژی قند به عنوان قند کاذب محسوب می‌شوند. (در قند نیشکر، رافینوز وجود ندارد)

### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

آمینو اسید را در چند گروه طبقه‌بندی می‌کنند.

۱) آمینو اسید هیدروکربنی: گلايسين - آلانين - لوسين - ايزولوسين - والين

۲) آمینو اسید اسیدی: اسید آسپارتیک - گلوتامیک

یک گروه آمین و بیش از یک گروه کربوکسیل دارند. اسید آمینه باردار هستند (بار منفی) و قطبی هستند.

۳) آمینو اسید قلیایی: لیزین - آرژنین - هیستیدین باردار هستند (بار مثبت)

۴) آمینو اسید آمیدی: آسپارژین - گلوتامین

۵) آمینو اسید گوگرد دار: سیستئین - متیونین - سیستین

سیستئین تنها اسید آمینه دارای گروه سولفید ریل آزاد دارد.

- عامل طعم پختگی

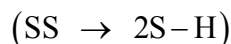
- مانع قهوه‌ای شدن آنزیمی

× فساد می‌شود موسوم به لکه سیاه که هم در اثر اعمال حرارت و هم در اثر فعالیت میکروبی در مواد غذایی پروتئین ایجاد می‌شود، ناشی از

$H_2S$  متصاد شده از اسید آمینه سیستئین است.

\* لیزین اسید آمینه‌ای است که اتلاف آن در میلارد بسیار حائز اهمیت است.

سیستئین در تکنولوژی غلات باعث احیاء پیوندهای دی سولفیدی و تشکیل گروه‌های سولفیدریل می‌شود.



(سیستئین  $\rightarrow$  2 سیستئین)

در نتیجه اکسید شدن گروه‌های سولفیدریل دو اسید آمینه سیستئین یک سیستین ایجاد می‌شود. به این ترتیب اکسید شدن گروه‌های

سولفیدریلی و تبدیل آن‌ها به گروه‌های دی سولفیدی در تکنولوژی غلات باعث افزایش قوام خمیری می‌شود. (بهبود دهنده‌ها)

\* حساس‌ترین آمینو اسید به گرما سیستین است.

۶- آمینو اسید آروماتیک: فنیل آلانین تریپتوفان

۷- آمینو اسید هیدروکسیلی: تیروزین - ترئونین - سرین

سوبسترای قهوه‌ای شدن آنزیمی چغندر قند  $\leftarrow$  تیروزین

رنگدانه شربت خام در تکنولوژی قند ملانین است. (رنگدانه حاصل از قهوه‌ای شدن آنزیمی) (علت: قهوه‌ای شدن آنزیمی تیروزین)

۸- ایمینو اسیدها (اسیدهای سیکلیک) (حلقوی): پرولین - هیدروکسی پرولین

به جای گروه آمین، گروه ایمین دارند پس اسید آمینه ثانویه نامیده می‌شود.

آمینو اسیدها در طبقه‌بندی دیگری به گروه‌های زیر طبقه بندی می‌شوند.

۱) آمینو اسید باردار (+): لیزین - آرژنین

۲) آمینو اسید باردار (-): اسپارتیک - گلوتامیک

۳) قطبی غیرباردار: سرین - ترئونین - تیروزین - سیستئین

توانایی ایجاد پیوند هیدروژنی دارند.

**یادداشت:**

.....

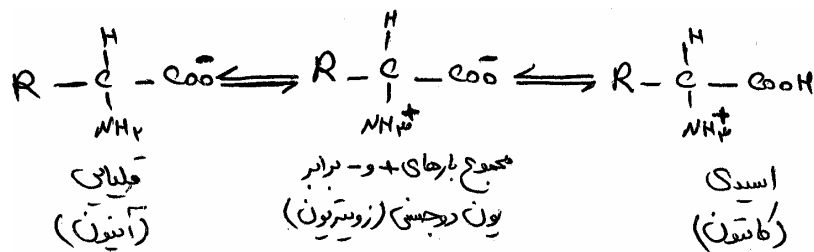
.....

.....

.....

.....

۴) غیرقطبی غیرباردار : (آمینو اسید هیدروفوب): لوسین - ایزولوسین - والین - آلانین - متیونین  
 \*آمینو اسیدها بسته به pH محیط، فرم کاتیونی (در pH اسیدی) و فرم آنیونی (در pH قلیایی) دارند.  
 در pH معینی مجموعه بارهای مثبت و منفی پروتئین ها با هم برابر می شود  
 به pHی که این اتفاق در آن رخ می دهد pH ایزوالکتریک گفته می شود.  
 که در آن پروتئین، حالت یون دو جنسی یا دو قطبی دارد.



\* pH ایزوالکتریک آمینو اسید خنثی 6-5.5

\* pH ایزوالکتریک یک پروتئین به ترکیب آمینواسیدهای آن پروتئین و درصد فراوانی آن ها بستگی دارد. با وجود این که در آمینو اسیدهای خنثی یک گروه آمین و یک گروه کربوکسیل وجود دارد اما pH ایزوالکتریک آن ها 7 نیست، زیرا ثابت تفکیک (pka) گروه های کربوکسیل و آمین یکی نیست. Pk گروه کربوکسیل 2.2 و pk گروه آمین بین 9.8-9 است.  
 \* هر چه قابلیت یونی شدن بیشتر باشد pk کوچکتر می شود.

\* به واسطه این که ثابت تفکیک گروه آمین و کربوکسیل یکی نیست در آمینو اسیدهای خنثی هم pH ایزوالکتریک 7 نیست بلکه 6-5.5 است.

- بدیهی است که در آمینو اسیدهای اسیدی، pH های اسیدی، pH ایزوالکتریک خیلی پایین (مثلاً پایین تر از 3) و در مورد آمینو اسیدهای قلیایی خیلی بالا (بالتر از 9) است.

\* مبنای اسیدی یا قلیایی بودن محیط برای اسیدهای آمینه یا پروتئین ها، pH های بالاتر یا پائین تر از pH ایزوالکتریک آن هاست.  
 مثلاً اگر pH ایزوالکتریک لیزین 10 فرض شود، لیزین در pH های زیر 10 (حتی بالاتر از 7) فرم کاتیونی از خود نشان می دهد یعنی در فرم اسیدی قرار دارد.

و فقط در pH های بالاتر از این مقدار به فرم آنیونی خواهد بود.

\* پروتئین ها برای پایدار ماندن در pH بالاتر یا پائین تر از ایزوالکتریک خود باشند. چون در این صورت دارای بار هستند و دافعه الکتریکی بین آن ها باعث می شود که پایدار بمانند. اما در pH ایزوالکتریک چون دافعه وجود ندارد پس پروتئین ها به هم ملحق شده، بین آن ها پیوندهای هیدروژنی زیادی برقرار می شود و به این ترتیب رسوب می کنند.

\* در pH ایزوالکتریک ← رسانایی الکتریکی - قابلیت انحلال - ویسکوزیته - قابلیت جذب آب - پایداری پروتئین - در حداقل است.

\* pH ایزوالکتریک اکتومپوزین 5.5 است که در آن WHC در حداقل خود است.

\* در pH ایزوالکتریک ← قابلیت تامپونی یا بافری پروتئینها در حداکثر خود است.

یادداشت:

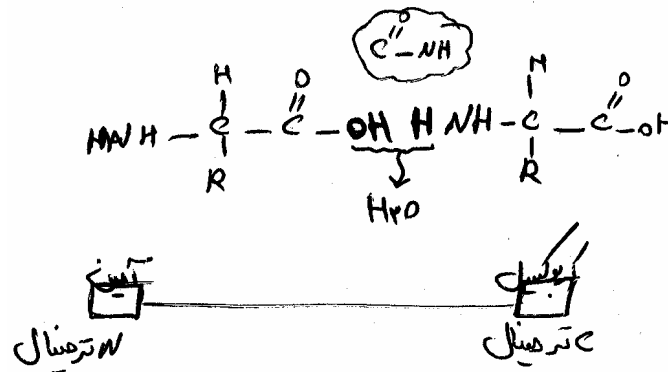
.....

.....

.....

.....

- 1 عدد آمینو اسید ← آمینو اسید
- 10-2 آمینو اسید ← الیگوپپتید
- 10-100 ← پلی پپتید
- بالای ۱۰۰ آمینو اسید ← پروتئین



آمینو اسیدها توسط اتصالات پپتیدی به هم وصل می‌شوند که این اتصال نوعی پیوند کووالانسی است. اتصال پپتیدی بین گروه‌های کربوکسیل یک آمینو اسید با گروه آمین یک آمینو اسید دیگر برقرار می‌شود. این اتصال دارای ساختار یک پیوند ترانس است.

از آن جایی که ماهیت پیوند از نوع ترانس است. بنابراین پایدارتر از فرم cis خواهد بود. در ساختار پپتیدها هموار یک انتهای آمینی و یک انتهای کربوکسیل وجود دارد. که به ترتیب N ترمینال و C ترمینال نامیده می‌شوند. برخی پروتئینها فاقد برخی از آمینو اسیدها خواهند بود.

در بین آمینو اسیدها 8 عدد در بدن انسان سنتز نمی‌شوند که به نام اسید آمینه‌های ضروری شناخته می‌شوند. فقدان این آمینو اسیدها باعث می‌شود که ارزش بیولوژیکی پروتئین کاهش می‌یابد. لوسین - متیونین - ایزولوسین - والین - لیزین - تریپتوفان - ترئونین - فنیل آلانین.

## ساختار پروتئینها

### ۱- ساختار اول

این ساختار از توالی آمینو اسید به دنبال هم با اتصالات پپتیدی ایجاد شده است. توالی آمینو اسیدهای هر پروتئین منحصر به فرد است. این ساختار اساس ساختارهای دیگر پروتئین است. (بسیار مستحکم)

### ۲- ساختار دوم

این ساختار دو نوع است که هر دو به وسیله پیوندهای هیدروژنی درست می‌شوند.

الف) نوع مارپیچ  $\alpha$  (  $\alpha$  هلیکس ) مهمترین و اصلی ترین

ب) نوع ورقه‌ای  $\beta$  ←  $\beta$ -sheet

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

## مارپیچ $\alpha$

فراوان ترین و اصلی ترین نوع ساختمان دوم پروتئینهاست که به صورت یک مارپیچ است. مارپیچ می تواند راست گرد یا چپ گرد باشد.

آمینو اسیدهای نوع L مارپیچ راست گرد تشکیل می دهند که پایدارتر است. \*پایداری این ساختمان به وسیله پیوند هیدروژنی برقرار شده بین اکسیژن کربوکسیل و هیدروژن آمین می باشد. (اکسیژن کربنیل و نیتروژن آمید)

یعنی پیوندهای هیدروژنی در مارپیچ  $\alpha$  از نوع  $\leftarrow$  درون مولکولی (درون زنجیره ای) می باشد. - ساختمان مارپیچ  $\alpha$  همواره کامل نیست، بلکه در برخی نقاط ممکن است این مارپیچ باز شود.

## عوامل ممانعت کننده از تشکیل مارپیچ $\alpha$

۱- وجود مقادیر زیادی پرولین و هیدروکسی پرولین به واسطه این که این آمینو اسیدها قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی نیستند. در کازئین پرولین  $\uparrow$   $\leftarrow$  ساختمان دوم ندارد.

۲- قرار گرفتن (وجود) مقادیر زیادی ایزولوسین به واسطه گروه R حجیم این آمینو اسید

۳- وجود مقادیر زیادی آمینو اسید هم بار در کنار هم به واسطه دافعه الکتریکی

مارپیچ  $\alpha$  خاصیت آمفی فیلیک دارد. (دو خصلتی) به این معنا که دارای سرهای آبدوست و آبگریز می باشند. هنگام تشکیل مارپیچ، گروه های R به گونه ای قرار می گیرند که انواع آب گریز درون مارپیچ و انواع آب دوست در قسمت بیرون مارپیچ قرار می گیرند.

## ورقه ای $\beta$

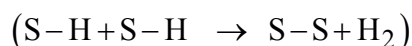
این فرم در نتیجه برقراری پیوندهای هیدروژنی بین صفحه ها یا زنجیره ایجاد می شود. معمولاً پروتئینهای تشکیل دهنده فرم  $\beta$  آبگریزتر از فرم  $\alpha$  هستند. پروتئینهایی که آمینو اسید های آبگریز بیشتری دارند، نسبت به دناتوراسیون حرارتی مقاومترند.

## ۳- ساختمان سوم

در نتیجه تا خوردن زنجیره ها (مارپیچها) بر روی هم و ایجاد یک ساختار فشرده سه بعدی به وجود می آید. این ساختمان در نتیجه برقراری پیوندهای هیدروژنی، دی سولفیدی و واندروالسی (هیدروفوب) تشکیل می شود.

\*نکته: پیوند هیدروفوب زمانی تشکیل می شود که دو باقیمانده (R) آبگریز خیلی به هم نزدیک شوند. در این حالت مولکول آب از بین آنها خارج می شود و این دو ترکیب آبگریز به هم متصل می شوند. بدیهی است که استحکام این پیوند در حد پایینی است.  $\times$  پیوندهای دی سولفیدی که در این ساختمان ایجاد می شوند مستحکم ترین نوع پیوندهای این ساختمان هستند. که از نوع پیوندهای کووالانسی محسوب می شوند.

\*پیوند دی سولفید بین دو گروه S-H از دو اسید آمینه سیستئین در اثر هیدروژن زدایی (اکسید شدن) ایجاد می شود.



## یادداشت:

.....

.....

.....

.....

\* ساختمان برخی از پروتئینها به همین فرم ساختمان سوم می‌باشد یعنی پروتئینهای تک رشته‌ای محسوب می‌شوند. از این گروه می‌توان به میوگلوبین و گلیادین گندم - زئین ذرت.

#### ۴- ساختمان چهارم

این ساختمان در پروتئین‌های دارای چند رشته پلی پپتیدی ایجاد می‌شوند. مثل هموگلوبین (از 4 رشته) - گلوبتین - میوزین. مهمترین پیوندی که ساختمان پروتئینها را تشکیل می‌دهد پیوند هیدروژنی است.

#### دنا تورا سیون

\* هرگونه تغییر در ساختمان پروتئینها به گونه‌ای که ساختمان اول آنها با بر جا باقی بماند. در این حالت زنجیره پروتئین باز می‌شود. دنا تورا سیون یک ماهیت تسهیل شونده و فراینده دارد. به این معنا که وقتی اولین پیوند، که سست‌ترین پیوند است شکسته شد، پیوندهای بعدی با سهولت بیشتری می‌شکند.

- در اثر دنا تورا سیون زنجیره پروتئین باز می‌شود و به این ترتیب از فرم چین خورده خارج می‌شود. پس سرهای آبگریز در سطح قرار خواهند گرفت و به این ترتیب قدرت جذب آب پروتئین کم می‌شود.

\* گاهی اوقات ممکن است پروتئین، بخشی از ساختار دنا توره شده اولیه خود را بازیابی کند.

مثلاً به همین دلیل تست فسفاتاز قلیایی جهت تشخیص صحت پاستوریزاسیون و یا تست کاتالاز - پراکسیداز جهت تشخیص صحت بلانچینگ فقط زمانی اعتبار دارد که بلافاصله بعد از این عملیات گرفته شود.

#### عوامل موثر بر دنا تورا سیون

##### ۱) حرارت

اصلی‌ترین عامل دنا تورا سیون است. معمولاً پروتئین در محدوده دمایی  $55-75^{\circ}\text{C}$  دنا توره می‌شوند. اما کازئین و ژلاتین موارد استثنا هستند.

\* مقاومت به دنا تورا سیون حرارتی : کازئین < ژلاتین

##### دلایل مقاومت حرارتی

۱) دارا بودن پرولین یا هیدروکسی پرولین بالا

۲) سیستین یا سیستئین پایین

\* کازئین هر 2 شرط را دارد یعنی هم پرولین ↑ هم سیستئین و سیستین ↓ ← مقاومت حرارتی ↑

##### ۲) انجماد

مکانیسم ← Salting in ← خروج با نمک

کازئین نسبت به انجماد حساس است و دنا توره می‌شود.

همچنین پروتئین‌های میوزین ماهی یا سفیده تخم مرغ ← حساس به انجماد

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

### ۳) pH

pH های خیلی بالا یا خیلی پایین تر از ایزوالکتریک به سبب ایجاد دافعه شدید زنجیره پروتئین را باز کرده و آن را دناتوره می‌کند. (دافعه الکتریکی باعث پایداری می‌شود ولی دافعه شدید سبب دناتوراسیون می‌شود).  
**نکته:** رسیدن به pH ایزوالکتریک عاملی در جهت تسریع و تسهیل دناتوراسیون است.

### ۴) استفاده از فشارهای هیدرواستاتیکی بالا

### ۵) استفاده از پرتوها (γ)

### ۵) قرار گرفتن پروتئین بین دو سطح

۷) استفاده از ترکیباتی که قادر به ایجاد پیوندهای هیدروفوب هستند.  
 مثل دترجنت‌ها

۸) استفاده از ترکیباتی که قادر به ایجاد پیوندهای هیدروژنی هستند.  
 مثل اوره

هر دوی این ترکیبات از طریق گسستن پیوندهای پروتئین - پروتئین و برقراری پیوند با پروتئین آن را دناتوره می‌کنند.

## اثرات دناتوراسیون

۱) کاهش قابلیت جذب آب

۲) کاهش رسانایی الکتریکی

۳) کاهش حلالیت

۴) افزایش ویسکوزیته (ویسکوزیته محیط ↑)

۵) کاهش قابلیت بیولوژیکی (سموم، هورمون‌ها، آنزیم‌ها، خواص امولسیفایری)

۶) کاهش قابلیت کریستالیزاسیون

۷) قابلیت تغذیه‌ای وضعیت متغیری دارد و ممکن است کاهش یا افزایش یابد.

حرارت شدید خشک (کباب کردن) ← قابلیت تغذیه‌ای ↓

آب پز کردن ← قابلیت تغذیه‌ای ↑

### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

## طبقه بندی پروتئینها

\*طبقه بندی پروتئینها همانند کربوهیدرات و لیپیدها بر مبنای فرآورده‌های حاصل از هیدرولیز آن‌هاست.

### ۱- پروتئین ساده

در ساختمان آن فقط آمینو اسید وجود دارد.

### ۲- پروتئین مرکب

در اثر هیدرولیز آن علاوه بر آمینو اسید حداقل یک گروه دیگر آزاد می‌شود.

### ۳- پروتئین مشتق شده (اشتقاقی)

در اثر تغییرات صورت گرفته بر روی پروتئینهای دیگر ایجاد می‌شوند.

## طبقه بندی پروتئینهای ساده بر مبنای حالیت در آب یا حلال‌های دیگر

### ۱) آلبومین‌ها

در آب خالص محلول‌اند و وزن مولکولی پائین دارند.

مثل اووالبومین -  $\alpha$  لاکتالبومین (در سنتز لاکتوز دخالت دارد) -  $\beta$  لاکتوگلوبولین

در سنتز لاکتوز نقش دارد  $\leftarrow$  لاکتوز  $\leftarrow$   $\alpha$  لاکتوبومین  $\uparrow$  }  $\alpha$  لاکتوبومین  
از نظر تغذیه‌ای، در بین پروتئینهای سرمی شیر بهترین است.

اووالبومین  $\leftarrow$  فراوان‌ترین پروتئین سفیده تخم مرغ

کازئین 80%  $\leftarrow$  مقاومت به حرارت / حساس به اسید } شیر  
20% w.p  $\leftarrow$  حساس به حرارت / مقاوم به اسید

فراوان‌ترین پروتئین سرمی (w.p) شیر }  $\beta$  لاکتوگلوبولین  
SH آزاد دارد. عامل طعم پختگی شیر حرارت دیده  
اتصال با کاپا کازئین در دمای بالا (پیوندی سولفیدی)  $\leftarrow$  کاهش بهره پنیر سازی

یادداشت:

.....

.....

.....

.....



## ۲) گلوبولین‌ها

در آب نمک محلول هستند.

مثل ایمونوگلوبولین‌ها (ترکیب ضد میکروبی شیر / از پروتئینهای دیگر، بیشتر به حرارت حساس است).

اکتین - میوزین - گلايسينين (سویا)

میوزین ← فراوان‌ترین پروتئین ماهیچه

اکتین به میزان  $\frac{1}{3}$  میوزین وجود دارد.

اکتین + میوزین ← اکتومیوزین ← انقباض عضله

گلايسينين و میوزین دارای ساختار چهارم هستند.

## ۳) پرولامین‌ها

در اتانول 50-90% محلول‌اند.

مثل: گلیادین (گندم) - زئین (ذرت) - هوردئین (جو)

<p>جزء پروتئینهای گلوتنی دارای ساختمان سوم (تک رشته‌ای)</p>	}	گلیادین
---	---	---------

## ۴) گلوتلین‌ها

در اسید و باز رقیق محلول‌اند.

مثال: گلوتنین (گندم) - اریزینین (برنج)

گلوتنین دارای ساختمان چهارم (چند رشته‌ای) است.

گلوتنین + گلیادین ← گلوتن (شبه سه بعدی)

پروتئین ذرت به دلیل نداشتن گلوتنین قابلیت نانوایی ندارند.

## ۵) آلبومینوئیدها (اسکروپروتئین)

پروتئینهای بسیار نامحلول

مقاوم به اسید، باز، آنزیم

مثل: کلاژن - الاستین - رتیکولین

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

### ۶) پروتامین‌ها

پروتئین‌هایی با وزن مولکولی پایین

محلول در آب

آمینو اسید قلبیایی زیادی دارند. (آرژنین ↑)

با حرارت منعقد نمی‌شوند. (تفاوت با آلبومین)

### ۷) هیستون‌ها

## طبقه‌بندی پروتئینها مرکب بر مبنای آن گروه دیگر (ماهیت)

۱) لیپو پروتئین: به عنوان امولسیفایر به کار می‌روند.

۲) کروموپروتئین: هموگلوبولین - میوگلوبولین

۳) متالوپروتئین

۴) نوکلئوپروتئین

۵) گلیکوپروتئین

۶) فسفو پروتئین در کازئین - فسویتین (تخم مرغ)

x این دسته در نتیجه یک اتصال استری بین اسید فسفریک با هیدروکسیل اسید آمینه ترئونین یا سرین ایجاد می‌شوند.

x کازئین یک هتروفسوفروتئین است. به این معنا که ساختار کازئین واجد نیست بلکه از چند زیر واحد (زیر جزء) تشکیل شده.

## طبقه‌بندی پروتئینهای اشتقاقی بر مبنای میزان تغییر صورت گرفته

۱) تغییر صورت گرفته جزئی باشد.

مشتق اولیه

مثل پاراکاپاکازئین حاصل از عمل کیموزین (رنین) بر روی کاپاکازئین

۲) تغییر صورت گرفته اساسی می‌باشد

مشتق ثانویه

مشتقات ثانویه به ۲ اساس تقسیم می‌شوند } اندازه قابلیت انحلال

- پروتئین‌ها را می‌توان براساس اختلاف دانسیته هم طبقه بندی کرد.

این عمل توسط اولترا سانتریفوژ انجام می‌شود. (سرعت ترسیب در اولتراسانتریفوژ)

مثلاً طبقه‌بندی کازئین بر اجزایی مثل  $\alpha S_1$ ,  $\alpha S_2$  ...

- پروتئین‌ها را می‌توان براساس بار الکتریکی و جرم هم طبقه بندی کرد.

که این عمل توسط الکتروفورز انجام می‌شود.

هر چه جرم کمتر یا بار بیشتر ← سرعت جداسازی ↑ pro

- پروتئین‌ها را می‌توان براساس اندازه هم طبقه بندی کرد.

این عمل توسط سیستم غشایی انجام می‌گیرد.

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

## خواص کاری پروتئینها

خواص کاری پروتئینها مجموعه خواص غیر تغذیه‌ای پروتئینهاست.

به این معنا که پروتئینها دارای دسته‌ای از قابلیت‌های کار هستند که متمایز از ویژگی‌های تغذیه‌ای آنها می‌باشد. این گروه از خواص پروتئینها شامل مواردی مثل خواص حسی (تأثیر بر عطر و طعم و بو (واکنش میلارد) خواص بافتی مثل بافت گوشت و فرآورده‌های گوشتی) - خواص مربوط به قابلیت جذب آب مثل حل پذیری - پخش پذیری - هیدراته شدن - تورم (آماس کردن) می‌باشد.

خواص مربوط به فعالیت سطحی پروتئینها: قابلیت ایجاد کف - قابلیت امولسیفایری

خواص رئوژیکی پروتئین: ژله‌ای شدن - قابلیت اکستروژن شدن (روغن رانی)

\* پروتئینهایی که حاوی آمینو اسید آبریز بالای باشند این قابلیت را دارند که کشش سطحی را کاهش دهند و به این ترتیب مواد چربی دوست را متصل کنند پس قابلیت امولسیفایری دارند.

\* جذب آب مهمترین خصوصیت فیزیکی (کاری) پروتئینهاست.

در این حالت پروتئینهای هیدروفیل ممکن است، آب جذب نموده (پیوند هیدروژنی) دهیدراته شوند. (در اثر دناتوراسیون این قابلیت کاهش می‌یابد).

\* پروتئینها به واسطه وزن مولکولی بالایی که دارند عملاً در آب حل نمی‌شوند بلکه سیستم کلوئیدی تشکیل می‌دهند. البته بدیهی است که پروتئینهای با وزن مولکولی کم (مثل پروتامین‌ها یا آلبومین‌ها) محلول تر از پروتئینهای دیگر باشند.

## سیستم‌های کلوئیدی

در صنعت بسیاری اوقات مواد از دو جزء متمایز تشکیل شده‌اند.

(۱) فازی که معمولاً از نظر مقداری غالب است. (فاز پیوسته - فاز اصلی)

(۲) فازی که معمولاً از نظر مقداری کمتر است. (فاز پراکنده - فاز فرعی)

$$\frac{16\%}{82\%} W/O \leftarrow \text{کره}^*$$

$$O/W \leftarrow \text{خاصه}^*$$

\* اما همواره اینگونه نیست. مثلاً سس مایونز حداقل 65% روغن و 20% سرکه (فاز آبی) ولی فاز آبی اصلی است (پیوسته).

و فاز پراکنده آن قطرات روغن + حباب هوا + ذرات پروتئین

\* مارگارین کم چرب و روغن پایینی دارد ولی روغن فاز اصلی است  $W/O$

\* خاصه هر چقدر هم پرچرب باشد باز هم  $O/W$  است.

- پس نتیجه می‌شود: مقدار فازها نوع اصلی یا فرعی فاز را تعیین نمی‌کند.

- راحت‌ترین راه جهت تشخیص فاز غالب: رقیق کردن امولسیون (با آب). اگر آب جذب سیستم شد بدون این که تغییر اساسی در آن ایجاد

کند فاز غالب: فاز آبی است.

## یادداشت:

.....

.....

.....

.....

- همواره یک امولسیون خصوصیات فاز پیوسته خود را نشان می‌دهد.  
این موضوع در هنگام افزودن افزودنی‌ها به امولسیون‌ها اهمیت دارد که باید محلول در فاز پیوسته باشد.  
- از نظر ویژگی‌های هدایت حرارتی هم امولسیون‌ها خاصیت فاز پیوسته را از خود نشان می‌دهند.  
\* مثلاً اگر دو امولسیون 50 : 50 آب و روغن که یکی به صورت O/W و دیگری به صورت W/O در نظر بگیریم. O/W زودتر منجمد می‌شود. زیرا ضریب هدایت حرارتی آب < لیپید است.

\* در صنعت سه سیستم اساسی چند فازی وجود دارد:

### ۱) محلول حقیقی

- اندازه ذرات فاز پراکنده کوچکتر از 0.001 میکرون

- هرگز دو فاز نمی‌شود.

- شفاف

- قابل عبور از هر فیلتری (به جز اسمز معکوس)

### ۲) سوسپانسیون

- اندازه ذرات پراکنده بزرگتر از 0.5 میکرون

- ذرات به حدی درشت هستند که به سادگی دو فاز می‌شوند.

پس از آن یک فاز کدر (ته نشین شده) و یک فاز شفاف خواهیم داشت.

مثل آب سیب، آب لیمو، آب غوره هموژن نشده (صاف نشده)

- دو فاز باید در هنگام هم زدن تشکیل یک فاز واحد را بدهند.

### ۳) سیستم‌های کلوئیدی

اندازه ذرات پراکنده بین 0.5 تا 0.001 میکرون

### انواع سیستم‌های کلوئیدی

مثال	پیوسته	پراکنده	نام سیستم
نشاسته یا پروتئین در آب سرد / شیر بدون چربی	مایع	جامد	Sol
نشاسته یا پروتئین در آب گرم / ژله / مارمالاد	جامد	مایع	Gel
O/W خامه - W/O کره	مایع	مایع	امولسیون
کره	جامد	مایع	امولسیون جامد
نوشابه / سفیده تخم مرغ زده شده	مایع	گاز	کف
خمیر / کیک نان / بستنی	جامد	گاز	کف جامد
دود	گاز	جامد	آتروسول

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

## امولسیون

اختلاط پایدار دو مایع غیرقابل حل در یکدیگر که یکی به صورت قطرات با قطر حداقل  $0.1\mu$  در دیگری پخش شود.

در مایع غیرقابل حل به سادگی دو فاز می‌شوند. به ۲ دلیل }  
 اختلاف دانسیته  
 نیروی کشش سطحی

\*نیروی کشش سطحی: همان عاملی است که باعث مقرر ایستادن آب است.

\*بیشترین کشش سطحی: جیوه < آب

\*علت این که قطرات آب باران کروی شکل هستند ← همین نیروی کشش سطحی بالای آب است.

\*امولسیفایرها: ترکیباتی هستند که خاصیت فعالیت سطحی دارند. یعنی توأمأ هم فاز هیدروفیل و هم فاز هیدروفوب دارند.

پس دور قطرات فاز پراکنده پخش می‌شوند.

\*امولسیفایرها از ۲ طریق از دو فاز می‌شوند سیستم جلوگیری می‌کنند:

(۱) جلوگیری از به هم پیوستن قطرات فاز پراکنده

(۲) کاهش کشش سطحی

xمیزان کارایی یک امولسیفایر

وزن مولی قسمت هیدروفیل

$$HLB = \frac{\text{وزن مولی قسمت هیدروفیل}}{\text{وزن مولی قسمت هیدروفوب}}$$

5

$$W/O \leftarrow 3 < HLB < 6$$

$$wetting \text{ Agent} \leftarrow 6 < HBL < 8$$

$$O/W \leftarrow 8 < HLB < 18$$

## ژل

نوعی سیستم کلوئیدی است که به صورت شبکه درهم تنیده سه بعدی جامد می‌باشد که فاز مایع را در بر گرفته است.

ماده ژل ساز }  
 هیدروفیل  
 قابلیت تشکیل شبکه

\*دمای بستن ژل > دمای ذوب ژل ← پدیده هیستریزس

\*در بین صمغ‌ها، آگار بیشترین هیستریزس را دارد.

\* Syneresis (سینرزیس) خروج آب از ژل

تغییرات ژل (به ویژه در ژل‌های پروتئین وقتی که pH به نقطه ایزو الکتریک برسد)، تغییرات دما، تنش‌های مکانیکی از عواملی در جهت

افزایش Syneresis هستند.

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

\* علاوه بر جذب آب، خصوصیت کاری مهم پروتئینها ایجاد ژل است.  
 - جهت تشکیل ژل باید: آب درون ساختار سه بعدی پروتئین محبوس شود.  
 - در هنگام تشکیل ژل پروتئین در ابتدا باید یک عملیات دنا توره شدن اتفاق بیافتد.  
 به این ترتیب ساختار پروتئین به پلی پپتیدهای باز شده (بدون تا خوردگی) تبدیل می شود.  
 سپس درون فاز آبی پخش می شود. آنگاه که مجدداً به یکدیگر نزدیک شده و بین آنها انواع پیوندها و به ویژه هیدروژنی (مهمترین پیوند تشکیل دهنده ژل های پروتئینی) تشکیل می شود و ساختار زله ای ایجاد خواهد شد.  
 پیوندهای دیگری مثل پیوندهای دی سولفیدی و هیدروفوب هم در تشکیل ژل نقش دارند.  
 ژلاتین: این قابلیت ویژه را دارد که در آب داغ محلول است و توانایی برقراری پیوند بین مولکول های خود و نیز با مولکول های آب را دارد.  
 که به این ترتیب قادر به ایجاد ژل می باشد.

### تورم - آماس کردن

یکی از ویژگی های خاص پروتئینها، جذب آب و در نتیجه متورم شدن آنهاست. این موضوع در تشکیل خمیر و نیز فرآورده های گوشتی حائز اهمیت است. مقدار کمی آب جهت تأثیر شدید بر روی قوام، غلظت و ویسکوزیته کافی است. ویسکوزیته تحت تأثیر قابلیت انحلال و تورم پروتئینهاست. پروتئین های بسیار محلول مثل آلبومین ها یا گلوبولین ها تأثیر خیلی کمی بر ویسکوزیته دارند. در حالی که پروتئینهایی که قابلیت ایجاد ژل را دارند به راحتی می توانند ویسکوزیته را افزایش دهند.

### ایجاد کف

- کازئین و سفیده تخم مرغ دو پروتئین بسیار مورد استفاده جهت تشکیل کف هستند.  
 \* پروتئین مناسب جهت تشکیل کف باید:  
 نسبتاً کوچک بوده و همچنین باید سطح آبگریز پوشیده نشده زیادی داشته باشد.  
 \* پروتئینهایی که وزن مولکولی بالایی دارند، استحکام قشر نازک و پایداری کف بیشتری خواهند داشت.

### قابلیت انحلال

- قابلیت انحلال پروتئینها یکی از مواردی است که نقش زیادی در ویژگی های پایداری پروتئین دارد.  
 \* پروتئینها در حلال های قطبی قوی محلول اند و با کاهش قطبیت حلال از قابلیت انحلال آنها کاسته می شود.  
 قابلیت انحلال به PH و قدرت یونی محلول بستگی دارد.

### \* از نظر pH

کمی بالاتر یا کمی پایین تر از pH ایزوالکتریک، pH ی است که پروتئینها بیشترین پایداری را دارند.

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

### \* از نظر قدرت یونی محلول

نمک‌ها در غلظت کم خود سبب افزایش حلالیت پروتئین‌ها می‌شوند ← salting in  
 نمک‌ها در غلظت زیاد خود سبب کاهش حلالیت پروتئین‌ها می‌شوند ← salting out



### خصوصیات تغذیه‌ای پروتئین‌ها

جهت مقایسه خواص تغذیه‌ای PGها موارد زیر در نظر گرفته می‌شود.

(۱) مقدار آمینو اسید ضروری

(۲) قابلیت هضمی

(۳) مقدار ترکیبات ضد تغذیه‌ای احتمالی

مقایسه موارد فوق نشان داد که پروتئین‌های جانوری ارزش بیولوژیکی بالاتری از گیاهان دارند.

### دلایل پائین‌تر بودن ارزش بیولوژیکی پروتئین‌های گیاهی

(۱) محصور بودن آمینو اسید گیاهی در دیواره سلولی غیرقابل هضم پروتئین‌های گیاهی

(۲) برخی از پروتئین‌های گیاهی همراه خود ترکیبات ضد تغذیه‌ای دارند.

مثل بازدارنده بومن بیرک سویا و لکتین‌ها (هم آگلوتینین) در حبوبات (باعث کم خونی)

(۳) برخی از پروتئین‌های گیاهی فاقد برخی از آمینو اسید ضروری هستند.

به آمینو اسید ضروری که یک پروتئین فاقد آن باشد، آمینو اسید محدود کننده می‌گویند.

محدود کننده اول	محدود کننده دوم	
لیزین	ترئونین	غلات
لیزین	تریپتوفان	ذرت
متیونین		سویا

\* مصرف بالای ذرت ← کاهش تریپتوفان ← کاهش نیاسین ← بیماری پلاگر

\* تریپتوفان ← پیش ساز نیاسین

\* سویا منبع خوبی از لیزین است ولی از لحاظ متیونین کمبود دارد. (حبوبات)

جهت جبران این مورد از اختلاط هدفمند پروتئین‌های گیاهی استفاده می‌شود. مثلاً مصرف توأم غلات و حبوبات

\* غلات در این حالت از لحاظ لیزین فقیر هستند ولی منبع خوبی از آمینو اسید گوگرد دار هستند. ولی حبوبات منبع مناسبی از

لیزین بوده و از لحاظ اسید آمینه گوگرد دار فقیر هستند.

\* ترکیب نان با ژلاتین که یکی پروتئین گیاهی و دیگری پروتئین جانوری است ← مخلوط متعادل

\* اسید آمینه محدود کننده ژلاتین، تریپتوفان است.

**یادداشت:**

.....

.....

.....

.....

## پروتئین جانوری

۱) شیر

۲) گوشت

۳) تخم مرغ

## پروتئینهای گوشت

طبق تعریف سازمان FDA گوشت عبارت است از آن چیزی که از ماهیچه‌های جانورانی مشتق می‌شود که از لحاظ بیوشیمیایی با انسان رابطه نزدیکی دارند بنابراین ارزش غذایی بالایی دارند. همچنین می‌توان گوشت را به مجموع ماهیچه‌های ارادی، بافت هم بند (پیوندی) و چربی همراه با آن نام برد. گوشت به طور متوسط دارای  $20\% \text{ pro}$ ,  $9\% \text{ fat}$ ,  $70\% \text{ H}_2\text{O}$ ,  $1\% \text{ املاح}$  می‌باشد.

منبع فوق العاده خوبی از لحاظ ترکیب آمینو اسیدی است.

علاوه بر آن ویتامین‌های B، سیانوکوبالامین ( $B_{12}$ ) و آهن است.

مقدار کربوهیدرات گوشت همانند تخم مرغ صفر است.

مقدار آهن موجود در گوشت نسبت به فرآورده‌های گیاهی خیلی بالاتر است (ولی در کل کم است). اما مقدار آن در حد با ارزشی است. (منابع اصلی جگر و قلوه)

در بین Vit های خانواده B، تیامین ( $B_1$ ) گوشت کم است. (به جز گوشت خوک)

گوشت بدون چربی Vit A بسیار کمی دارد. اما فاقد Vit C و Vit D است.

## پروتئینهای گوشت بر پایه حالیت به 3 دسته تقسیم می‌شوند:

### ۱) پروتئینهای سارکوپلاسمی (میوژن)

این گروه پروتئینهایی هستند که در آب محلول‌اند.

مهمترین جزء این گروه میوگلوبین است.

پروتئین 30-35% های گوشت را تشکیل می‌دهند.

### ۲) پروتئینهای میوفیبریلی (تار ماهیچه‌ای)

نقش اساسی در انقباض و انبساط عضله و قدرت امولسیفایری پروتئین‌ها (مورد استفاده در فرآورده‌های گوشتی) و همچنین قابلیت جذب

آب گوشت (WBC) (WHC)

این گروه پروتئینهای کم محلول در آب هستند.

به ترتیب فراوانی: میوزین < اکتین < تروپومیوزین < تروپونین

یادداشت:

.....

.....

.....

.....



### ۳) پروتئینهای بافت همبند (استرومایی)

این گروه نامحلول در حلال‌های آبی هستند. پروتئین 10-15% گوشت را تشکیل می‌دهند. شامل کلاژن، الاستین، رتیکولین.

### پروتئینهای میوفیبریلی

#### میوزین

- فراوان‌ترین پروتئین ماهیچه

- این پروتئین از دو بخش سبک و سنگین به نام‌های مرومیوزین سبک (دم) و مرومیوزین سنگین (سر) تشکیل شده از لحاظ ترکیب آمینو اسیدی ← دارای اسید آمینه باردار زیادی است.  
- ساختمان این پروتئین به مقدراً زیادی مارپیچ  $\alpha$  دارد.  
- مرومیوزین سنگین فعالیت  $ATP_{ase}$  دارد یعنی دارای آنزیم سولفید ریلی است. این توانایی ویژه میوزین

#### اکتین

از لحاظ مقداری  $\frac{1}{3}$  میوزین را شامل می‌شود. یعنی نسبت  $\frac{1}{3} = \frac{\text{اکتین}}{\text{میوزین}}$   
اکتین در حالت تکپار (مونومر) به صورت کروی است و GActin نامیده می‌شود.  
GActin مقدار زیادی پرولین دارد در نتیجه مارپیچ  $\alpha$  خیلی کمی دارد.  
در حالت عادی به یک مولکول GActin یک مولکول ATP می‌چسبد.

#### اکتومیوزین

- از اتصال (کمپلکس) F Actin با میوزین تشکیل می‌شود.  
- که در هنگام انقباض عضلانی ایجاد خواهد شد.  
- برای انقباض وجود یون  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  ضروری است.  
- اکتومیوزین تولید شده در هنگام انقباض، با هزینه شدن ATP مجدداً جدا می‌شود و بدین وسیله عضله دچار انقباض خواهد شد.  
- به واسطه تولید بی‌هوازی مقادیر کمی ATP پس از مرگ که خود بستگی به میزان ذخیره گلیکوژنی عضله دارد. پدیده جمود نعشی Rigor mortis بلافاصله پس از مرگ بروز نمی‌کند.  
جمود نعشی اتصال نسبتاً پایدار اکتومیوزین است.  
بیشتر پروتئین که به صورت گوشت مصرف می‌شود همان اکتومیوزین است.  
- این دو پروتئین (اکتین و میوزین) در خواص کاری پروتئینهای ماهیچه نقش اساسی دارند.

#### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

که شامل موارد زیر است:

۱) ظرفیت نگهداری آب (WHC)

ظرفیت نگهداری آب عبارت است از توانایی گوشت در حفظ آب موجود در ساختار بافت خودش. طی اعمال فرآیندهایی مانند بریدن - چرخ کردن - فشردن یا گرما دادن.

در حالی که ظرفیت اتصال آب (WBC) گوشت، توانایی گوشت در اتصال به آب افزوده شده به گوشت است.

هر دو مورد از ویژگی‌های پروتئین‌های میوفیبریلی هستند.

بیشترین بخش ظرفیت اتصال آب به اکتومیوزین نسبت داده می‌شود.

\*در تولید فرآورده‌های گوشتی WBC مهمتر است.

طی عملیات کاتریزاسیون در تولید فرآورده‌های گوشتی به سبب دور بالای کاتر گرما ایجاد می‌شود. که این گرما می‌تواند پروتئین را دناتوره کرده و باعث کاهش WHC شود. بنابراین در کاتر از یخ استفاده می‌شود.

## ۲) خاصیت امولسیون کنندگی

در تولید فرآورده‌های گوشتی پروتئین‌های میوفیبریلی به واسطه داشتن قابلیت مولسیفایری اهمیت زیادی دارند. زیرا مانع دو فاز شدن فارش می‌شوند.

\*از لحاظ ترتیب قابلیت امولسیفایری:

G اکتین < میوزین < اکتومیوزین < پروتئین‌های سارکوپلاسمیک < F اکتین

## بافت همبند یا استرومایی

فضای بین سلولی سلول‌های ماهیچه‌ای را سه پروتئین: کلاژن - الاستین - ریکولین پر کرده‌اند. که با هم تشکیل بافت همبند می‌دهند. بافت همبند در انتهای ماهیچه یکی شده و تشکیل تاندون (زردپی) می‌دهند.

## کلاژن

یک گلیکوپروتئین است که گسترده‌ترین پروتئین بدن می‌باشد.

یعنی کلاژن در بافت‌های بسیار زیادی وجود دارد.

این پروتئین از واحد ساختاری به نام تروپوکلاژن ساخته شده است.

به این ترتیب که آمینو اسیدها به هم متصل می‌شوند، یک زنجیره پپتیدی چپ گرد ایجاد می‌کنند.

سه تا از این زنجیره‌ها در هم بافته شده و یک سوپر هلیکس (آبر مارپیچ) (triple helix) به نام تروپوکلاژن ایجاد می‌ند.

تروپوکلاژن حاصل به شیوه‌ای زیگزاگ آرایش پیدا می‌کند یعنی در هم فرو رفته می‌شود و به این ترتیب کلاژن ایجاد می‌شود.

\*در ساختار کلاژن 70% باقیمانده آمینو اسیدها، سه آمینو اسید خاص هستند که به ترتیب مقداری شامل:

گلایسین < پرولین و هیدروکسی پرولین < آلانین

## یادداشت:

.....

.....

.....

.....

جهت تعیین مقدار گوشت فرآورده‌های گوشتی، درصد هیدروکسی پرولین را اندازه می‌گیرند که آمینو اسید شاخص کلاژن است. کلاژن نیز معیاری از بافت پیوندی است. شاخص کلاژن هیدروکسی پرولین است. فراوان‌ترین (اصلی‌ترین) آمینو اسید کلاژن، گلیسین است.

کلاژن یک ماده غیرعادی بین پروتئینهاست.

به این معنا که پس از دناتوراسیون قابلیت انحلال (محلول شدن آن) بیشتر می‌شود.

حرارت دادن پروتئینها در آب تا دمای  $60-70^{\circ}\text{C}$  سبب کاهش طول آن به میزان  $\frac{1}{4}$  تا  $\frac{1}{3}$  خواهد شد که به آن دمای چروکیدگی کلاژن گویند.

حرارت دادن بیشتر کلاژن تا دمایی حدود  $80^{\circ}\text{C}$  باعث می‌شود که کلاژن نرم شده و تبدیل به ژلاتین شود.

\* هرچه پرولین و هیدروکسی پرولین کلاژن  $\uparrow$  ← دمای تبدیل به ژلاتین  $\uparrow$

\* منبع اصلی تولید ژلاتین پوست خوک است.

اما از حرارت دادن (جوشاندن) استخوان‌ها هم می‌توان ژلاتین به دست آورد.

× بین زنجیره‌های کلاژن با هم رابطه پیوندهای کووالانسی ایجاد می‌شود.

\* کلاژن با تردی گوشت رابطه عکس دارد. (کلاژن  $\uparrow$  ← تردی  $\downarrow$  ← سفتی  $\uparrow$ )

با افزایش سن دام تردی گوشت آن کمتر می‌شود.

که علت آن: افزایش مقدار کلاژن نیست بلکه افزایش پیوندهای جانبی کووالانسی بین زنجیره‌هاست که باعث نامحلول شدن گوشت می‌شود. به عبارت دیگر ثابت شده که تأثیر کلاژن بر بافت گوشت مربوط به کیفیت آن است نه کمیت. \* کلاژن و ژلاتین هیچکدام از لحاظ تغذیه‌ای مطلوب نیستند.

## الاستین

پروتئینی است که به مقدار کم در بافت همبند یافت می‌شود.

آمینو اسیدهای شاخص الاستین: ۲ آمینو اسید کمیاب به نام‌های: دسموزین - ایزودسموزین

\* علت تردتر بودن گوشت ماهی نسبت به گوشت قرمز: مقدار کلاژن بسیار کمتر ماهی و فقدان الاستین در آن است.

## پروتئینهای تخم مرغ

تخم مرغ فرآورده پروتئین ی بسیار با ارزشی است که به طور متوسط 38-60g وزن دارد. سه قسمت اساسی پوسته، زرده و سفیده دارد.

### (۱) پوسته

برخلاف باور عموم رنگ پوسته نشانگر مرغوبیت تخم مرغ نیست. بلکه فقط صفتی است ارثی که بین سفید تا قهوه‌ای متغیر است.

### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

**۲) زرده**

زرده تخم مرغ دارای 52-53% ماده جامد است. که یک امولسیون روغنی در آب است. O/W

$\frac{1}{3}$  زرده پروتئین و  $\frac{2}{3}$  آن لیپید است.

در بین لیپیدها بیش از  $\frac{2}{3}$  تری گلیسرید و حدود 30% فسفولیپید است و 5% کلسترول. پالمیتیک و استئاریک اسیدهای چربی هستند که در تری گلیسریدها در بین انواع اشباع فراوان ترین هستند. و اولئیک در بین انواع غیراشباع فراوان ترین است. زرده از یک سری پروتئین متفاوت تشکیل شده است که شامل:

**پروتئینهای گیاهی**

به پروتئینهای سبزی و پروتئینهای دانه تقسیم می شود.

**پروتئین سبزی**

مقدار پروتئین موجود در سبزیها در حد بسیار کمی است.

به طوری که در سیب زمینی که یکی از سبزیهایی است که بیشترین مقدار پروتئین ها را دارد، مقدار پروتئین آن فقط به 2% وزنی می رسد.

اما از سوی دیگر پروتئین سیب زمینی به واسطه داشتن لیزین و تریپتوفان بالا، درجه بندی نسبتاً خوب تا عالی را خواهد داشت. همچنین بیشتر مقدار پروتئین سیب زمینی در بخش قشری آن (دقیقاً زیر پوست) قرار دارد.

**پروتئین دانه**

فقط تعداد کمی از دانهها پروتئینهایی قابل مصرف توسط انسان تولید می کنند.

پروتئینهای دانهها شامل پروتئین های غلات، بنشن (حبوبات)، دانههای روغنی (مهمترین سویا) پروتئین بیشتر دانهها به جز غلات از نوع گلوبولینها هستند. که در آب نمک رقیق محلولند.

**پروتئین غلات**

حدود 80% غلات در آندوسپرم آنها ذخیره شده

مقداری پروتئین نیز در بخش جوانه غلات وجود دارد که این گروه بیشتر شامل آلبومینها و گلوبولینها هستند.

**پروتئین آندوسپرم**

پروتئین آندوسپرم غلات ترکیبی از پرولامین و گلوتلین است.

مقدار لیزین در گلوتلینها اندکی بیش از پرولامینهاست.

\*هرگاه با انجام عملیاتهای زراعی مقدار بازده غلات (عملکرد در هکتار) را افزایش دهند، مقدار لیزین کمتر می شود زیرا در این صورت پرولامین افزایش خواهد یافت.

\*جودوسر (یولاف) و برنج غلاتی هستند که پرولامین ↓ دارند.

**یادداشت:**

.....

.....

.....

.....

## پروتئین ذرت

پروتئین اصلی ذرت زئین (نوعی پرولامین) است.

} ذرت	از لحاظ لیزین و تریپتوفان فقیر
	از لحاظ متیونین غنی

## پروتئین برنج

بیش از 80% پروتئین برنج گلوئین است. (اریزینین)

در بین غلات، برنج به واسطه گلوئین ↑ و پرولامین ↓ منحصر به فرد است.

به همین سبب برنج لیزین بیشتری از سایر غلات دارد. اما کماکان لیزین اسید آمینه محدود کننده برنج است.

## پروتئین حبوبات

پروتئینهای حبوبات به سه دسته تفکیک می‌شوند که شامل: آلبومین‌ها - گلوبولین‌ها - گلوئین‌ها هستند که در این بین گلوبولین‌ها بخش

غالب هستند. بالا بودن گلوبولین‌ها نشان می‌دهد که پروتئینهای حبوبات نقش ذخیره‌ای دارند.

بخش گلوبولین را توسط اولتراسانتریفوژ (فراسانتریفوژ) به ۲ بخش اصلی تفکیک می‌کنند:

} گلوبولین	ویسلین
	لگومین

مثلاً در لوبیای سویا جزء لگومین، گلاسیسینین نام دارد.

در حالی که در بادام زمینی جزء لگومین، آراشین نامیده می‌شود.

## پروتئین گندم

بسته به واریته گندم بین پروتئین 6-20% دارند.

که در ۴ گروه اصلی طبقه بندی می‌شوند.

پروتئین‌های گندم براساس حلالیت به ۴ دسته تقسیم می‌شوند.

گلوئینی:

(۱) گلوئین

(۲) پرولامین

غیرگلوئینی:

(۱) آلبومین

(۲) گلوبولین

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

\*درجه استخراج عبارت است از:

آرد حاصل از 100 kg گندم تمیز شده.

\*با ↑ درجه استخراج ← مقدار پروتئین گلوتنی آرد ↑ پروتئین غیر گلوتنی ↑ نسبت پروتئین غیر گلوتنی/گلوتنی ↓ ارزش نانوائی ↓ ، ارزش تغذیه‌ای ↑ رنگ تیره املاح ↑ اسید فیتیک ↑ نان زودتر بیات می‌شود ← زمان رسیدن آرد ↓ مدت زمان نگهداری آرد ↓

### پرولامین‌ها

- محلول در الکل
- مهمترین پرولامین در گندم ← گلیادین
- وزن مولکولی ↓ (تک رشته‌ای)
- قابلیت اتساع ↑ (افزایش حجم نان مربوط به پرولامین است).
- الاستیسیته ↓
- در خواص کاری پروتئینهای گندم پیوندهای دی سولفیدی نقش اساسی دارند.
- بنابراین هرچه گروه‌های سولفیدریل (SH) اکسید شوند و تبدیل به دی سولفید شوند (S-S) قوام خمیر افزایش می‌یابد.
- پیوندهای دی سولفیدی فقط از نوع درون مولکولی است.
- $\frac{1}{3}$  pro های گلوتنی را تشکیل می‌دهد.

### گلوتلین‌ها

- محلول در اسید و باز رقیق
- گلوتلین گندم، گلوتنین نام دارد.
- وزن مولکولی ↑ (چند رشته‌ای) ← ساختمان چهارم دارد.
- اتساع ↓
- الاستیسیته ↑
- خواص ویسکوالاستیک خمیر (گرانرو - کشسان) مربوط به جزء گلوتنین آن است. زیرا پیوندهای دی سولفیدی آن هم از نوع درون مولکولی و هم بین مولکولی هستند.
- \*خاصیت الاستیسیته خمیر مربوط به پیوندهای دی سولفیدی درون مولکولی است.
- $\frac{2}{3}$  پروتئین‌های گلوتنی را تشکیل می‌دهد.
- هر چه گلوتنین ↑ ← قوام خمیر ↑ ← نیاز به هم زدن ↑
- \*در کیفیت پخت خمیر نقش گلوتنین مهمتر از گلیادین است.

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

\*زمانی که به آرد آب اضافه می‌شود و خمیر ورز داده می‌شود در این حالت رشته‌های گلیادین و گلوتنین به هم نزدیک می‌شوند و تشکیل یک شبکه سه بعدی بزرگ به نام گلوتن می‌دهند. که این شبکه گلوتنی درون خود گاز متصاعد شده توسط مخمر یا پودر پخت را محبوس می‌کند و به این ترتیب حجیم می‌شود.  
در این حالت اصطلاحاً خمیر ور آمده است.

## پروتئین سویا

به جز متیونین و تریپتوفان سویا منبع خوبی از تمام اسیدهای آمینه ضروری است. منبع خوبی از لیزین است.  
\*فاقد گلیادین و گلوتنین می‌باشد پس نمی‌توان از آن نان تهیه کرد.

- پروتئینهای سویا را با استفاده از سانتریفوژ به چند زیر بخش اصلی تقسیم کرده‌اند.

\*پس از حلال زدایی از کنجاله می‌توان از آن آرد سویا تهیه کرد. که این آرد برای مصارف گوناگونی استفاده می‌شود.

\*به طور متوسط پس از چربی زدایی پروتئین 50% دارد.

که می‌توان آن را به صورت پروتئین غلیظ شده سویا با بیش از 65% پروتئین و یا پروتئین تفکیک شده سویا با بیش از 90% پروتئین تبدیل کرد.

یادداشت:

.....

.....

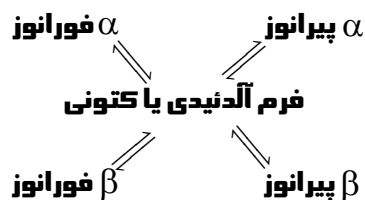
.....

.....

## تست‌ها

- ۱ - کدام یک از پروتئین‌های سفیده تخم‌مرغ نسبت به حرارت مقاوم‌تر هستند؟  
 (۱) اووالبومین (۲) اووموکوئید (۳) اووموسین (۴) آپوپروتئین
- ۲ - بیشترین میزان پروتئین حبوبات از کدام گروه است؟  
 (۱) آلبومین (۲) گلوئین (۳) گلوبولین (۴) پرولامین
- ۳ - کدام یک از پروتئین‌های زیر دارای ساختمان سوم هستند؟  
 (۱) میوزین (۲) میوگلوبین (۳) هموگلوبین (۴) گلوئین
- ۴ - در هنگام ساخت مارگارین کدام فرم آرایش تری‌گلسیریدها مطلوب است؟  
 (۱) تری کلینیک (۲) هگزاگونال (۳) مونوترومبیک (۴) اورترومبیک
- ۵ - اسکوالن ترکیبی هیدروکربنی با ساختار ..... است که پیوندهای دوگانه آن ..... می‌باشند.  
 (۱) حلقوی - مزدوج (۲) خطی - غیرمزدوج (۳) خطی - مزدوج (۴) حلقوی - غیرمزدوج
- ۶ - به وسیله عدد هیدروکسیل کدام گروه از ترکیبات زیر تشخیص داده می‌شوند؟  
 (۱) هیدروکسی اسیدها، فورانوئید اسیدها، گلیسرول (۲) اسیدریسینولئیک، کلاسترول، گلیسرین  
 (۳) فیتوسترول‌ها، الکل‌های چرب، اسکوالن (۴) همه موارد به جز فورانوئید اسیدها

۷ - افزودن کدام یک از مواد زیر سبب افزایش بیشتری در سرعت واکنش مقابل می‌گردند؟



- (۱) سود  
 (۲) اسیدسیتریک  
 (۳) اسیدکلریدریک  
 (۴) ایزوپروپانل

۸ - رامنوز جز کدام گروه از ترکیبات است؟

- (۱) Amino sugar (۲) Deoxy sugar (۳) Amino deoxy sugar (۴) oligosaccharide

۹ - کدام یک از آنزیم‌های زیر تنها اتصالات  $\alpha(1 \rightarrow 6)$  راهیدرولیز می‌کند؟

- (۱) پولولاناز (۲) گلوکوآمیلاز (۳) گلوکز ایزومراز (۴)  $\alpha$  آمیلاز

یادداشت:

.....

.....

.....

.....



۱۰ - کدام یک از ترکیبات زیر سوبسترای قهوه‌ای شدن آنزیمی نیست؟

- (۱) اسید کافئیک (۲) اسید کلروژنیک (۳) اسید فرولیک (۴) دوپامین

۱۱ - کدام دسته از رنگدانه‌ها در یک گروه قرار می‌گیرند؟

- (۱) ملانین‌ها و کارامل‌ها (۲) کاروتنوئیدها - فلاونوئیدها  
(۳) آنتوسیانین‌ها - فلاونوئیدها (۴) کارامل‌ها - کاروتنوئیدها

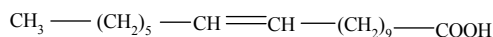
۱۲ - کمبود کدام یک از ویتامین‌های زیر از بقیه رایج‌تر است؟

- (۱) cholecalciferol (۲) Retinol (۳) Menadion (۴)  $\alpha$ -Tocopherol

۱۳ - کدام یک از آنتوسیانیدین‌ها دارای بیشترین گروه هیدروکسیل می‌باشند؟

- (۱) مالویدین (۲) دلفی‌نیدین (۳) سیانیدین (۴) پلارگونیدین

۱۴ - نام ترکیب مقابل چیست؟



- (۱) پتروسلینک (۲) واکسینیک (۳) الایدیک (۴) گادولئیک

۱۵ - آنتی‌اکسیدان‌ها قادر به متوقف ساختن کدام یک واکنش‌های زیر می‌باشند؟

- (۱) اتواکسیداسیون - برگشت طعم  
(۲) فتواکسیداسیون - یون -  
اکسیداسیون آنزیمی

- (۳) اتواکسیداسیون - اکسیداسیون آنزیمی (۴) اکسیداسیون آنزیمی - برگشت طعم

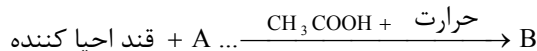
۱۶ - اسید آمینه محدودکننده پنبه دانه کدام است؟

- (۱) لیزین (۲) متیونین (۳) ترئونین (۴) تریپتوفان

۱۷ - آهن در فرم ..... به ..... سفیده تخم‌مرغ متصل می‌شود؟

- (۱) فریک - اووموکوئید (۲) فریک - کنالومین (۳) فرو - اووموکوئید (۴) فرو - کنالومین

۱۸ - در عبارت زیر به جای A و B به ترتیب کدام موارد قرار می‌گیرد؟



- (۱) بندیکت، رسوب قرمز آجری (۲) فهلینگ، رسوب قرمز آجری  
(۳) فنیل هیدرازین، اسازن (۴) سولفات مس، اسازن

۱۹ - کدام یک از ترکیبات زیر به عنوان کاتالیزور اینتراستریفیکاسیون به کار می‌رود؟

- (۱)  $\text{CH}_3 - \text{COONa}$  (۲)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COONa}$  (۳)  $\text{NaNO}_3$  (۴)  $\text{NaOCH}_3$

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

۲۰ - قسمت پروتئینی آنزیم‌ها چه نام دارد؟

- (۱) کوفاکتور (۲) کوآنزیم (۳) آپوآنزیم (۴) هولوآنزیم

۲۱ - کدام جفت رنگدانه‌ها سبز رنگ هستند؟

- (۱) سولفو میوگلوبین - مت میوگلوبین  
(۲) سولفو میوگلوبین - کوله میوگلوبین  
(۳) نیتریک اکسید میوگلوبین - مت میوگلوبین  
(۴) نیتریک اکسید میوگلوبین - کوله میوگلوبین

۲۲ - کدام یک از اسیدهای چرب زیر سریعتر دچار پدیده اتواکسیداسیون می‌شوند؟

- (۱) اسید الثواستتاریک (۲) اسید آراشیدونیک (۳) اسید لینولنیک (۴) اسید پاریناریک

۲۳ - وجود گروه سولفیدریل جهت فعالیت کدام آنزیم ضروری است؟

- (۱) رنین (۲) پپسین (۳) گلوکز اکسیداز (۴) پاپائین

۲۴ - در دمای اتاق کدام یک از اشکال ایزومری گلوکز از همه بیشتر است؟

- (۱)  $\alpha$  پیرانوز (۲)  $\alpha$  فورانوز (۳)  $\beta$  پیرانوز (۴)  $\beta$  فورانوز

۲۵ - اندیس صابونی و یدی روغن‌ها به ترتیب چه رابطه‌ای با دانسیته آنها دارد؟

- (۱) مستقیم - مستقیم (۲) معکوس - مستقیم (۳) مستقیم - معکوس (۴) معکوس - معکوس

۲۶ - مانیتول در اثر احیاء شدن کدام یک از قندهای زیر می‌تواند تشکیل شود؟

- (۱) مانوز و گلوکز (۲) مانوز و فروکتوز (۳) فروکتوز و گلوکز (۴) فروکتوز و گالاکتوز

۲۷ - در صورت جدا شدن رافینوز از ساختار ورباسکوز، ..... باقی می‌ماند.

- (۱) گالاکتوز (۲) ملی بیوز (۳) گالاکتوبیوز (۴) گلوکز

۲۸ - ساختار مقابل مربوط به کدام یک از پروتئینهای گندم است؟

(۱) گلوتنین که دارای قابلیت اتساع بالا و الاستیسیته پائین است.

(۲) گلوتنین که دارای قابلیت قابلیت اتساع پائین و الاستیسیته بالا می‌باشد.

(۳) گلیادین که از گروه پرولامین‌ها بوده و در الکل 70 - 50% قابل حل است.

(۴) گلیادین که مسئول ایجاد حجم قرص نان است.



۲۹ - در مقایسه دو روغن با اندیس یدی یکسان که یکی به صورت انتخابی و دیگری غیر انتخابی هیدروژنه شده‌اند، کدام گزینه صحیح است؟

(۱) روغن هیدروژنه سلکتیو دارای نقطه ذوب بالاتر و دوره القاء ( Induction period ) کوتاه‌تر می‌باشد

(۲) روغن هیدروژنه سلکتیو دارای نقطه ذوب و دوره القاء طولانی‌تر است.

(۳) روغن هیدروژنه سلکتیو دارای نقطه ذوب و دوره القاء کوتاه‌تر است.

(۴) روغن هیدروژنه غیر سلکتیو دارای نقطه ذوب بالاتر و دوره القاء کوتاه‌تر است.

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

.....

۳۰ - فورفورال از کدام ماده زیر می‌تواند تشکیل شود؟

- (۱) اسید لوولنیک (۲) اسید اسکوربیک (۳) گالاکتوز (۴) فروکتوز

۳۱ - ماده اولیه جهت تهیه کاروتنوئیدهای سنتتیک کدام است؟

- (۱) بتایونن (۲) آزافرین (۳) میتل هپتانون (۴) بیکسین

۳۲ - حداقل باندهای دوگانه لازم برای شروع کدام واکنش اکسیداسیون از بقیه بیشتر است؟

- (۱) اتواکسیداسیون (۲) فتواکسیداسیون (۳) اکسیداسیون آنزیمی (۴) بتا اکسیداسیون

۳۳ - کدام یک از پروتئین‌های زیر دارای ساختمان چهارم نمی‌باشد؟

- (۱) اکتین (۲) میوزین (۳) گلوتنن (۴) هموگلوبین

۳۴ - هرگاه درجه استری شدن پکتین به صفر برسد، چه ترکیبی تشکیل می‌گردد؟

- (۱) پروتوپکتین (۲) اسید پکتیک (۳) اسید پکتینیک (۴) زنجیره پلی گالاکتورونیک اسید

۳۵ - کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) به کوآنزیم‌های فلزی گروه پروستتیک می‌گویند.  
 (۲) به کوفاکتورهای آلی، کوآنزیم گفته می‌شود.  
 (۳) به کوآنزیم‌های آلی، کوفاکتور گفته می‌شود.  
 (۴) به مجموعه بخش پروتئینی و غیر پروتئینی آنزیم، آپوآنزیم می‌گویند.

۳۶ - در اثر عمل اسید کلریدریک رقیق در دمای محیط بر روی گلوکز امکان تشکیل کدام قند زیر وجود ندارد؟

- (۱) روتینوز (۲) ژنتیبیوز (۳) سوفروز (۴) ایزومالتوز

۳۷ - در ساختار فروکتو فورانوز و گلوکوپیرانوز به ترتیب گروه هیدروکسیل کدام کربن‌ها متیله نمی‌شوند؟ (از راست به چپ)

- (۱) 5-5 (۲) 6-5 (۳) 5-4 (۴) 5-6

۳۸ - ویتامین فلزدار و ویتامین دارای اسیدآمین به ترتیب کدام است؟

- (۱) ریوفلاوین - سیانوکوبالامین (۲) سیانوکوبالامین - اسید فولیک  
 (۳) ویتامین B<sub>12</sub> - ریوفلاوین (۴) نیاسین - ویتامین K

۳۹ - در کدام روش هیدرولیز نشاسته بین D. E و ترکیب شربت رابطه خطی وجود دارد؟

- (۱) هیدرولیز اسیدی (۲) هیدرولیز آنزیمی (۳) هیدرولیز آنزیم - آنزیم (۴) هیدرولیز اسید - آنزیم

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

- ۴۰ - تبدیل فرم‌های مختلف کریستالی تری‌گلیسریدها به هم به چه صورت است؟  
 (۱) پلی‌مورفیسم (۲) پلی‌تروپیسم (۳) مونوتروپیسم (۴) مزومورفیسم
- ۴۱ - کدام یک از ترکیبات زیر جزء Non saponifiable compounds نمی‌باشد؟  
 (۱) سربروزیدها (۲) الکل‌های آلیفاتیک (۳) اسکوالن (۴) الکل‌های ترپنیک
- ۴۲ - در کدام گزینه هر دو رنگدانه دارای ساختار گلیکوزیدی هستند؟  
 (۱) فلاونوئیدها - کاروتنوئیدها (۲) آنتوسیانیدین‌ها - کلروفیل  
 (۳) فلاونوئیدها - آنتوسیانین‌ها (۴) کینون‌ها - کاروتنوئیدها
- ۴۳ - کدام یک از شربت‌های نشاسته دارای نقطه انجماد بالاتری است؟  
 (۱) DE = 30 (۲) DE = 20 (۳) DE = 55 (۴) DE = 70
- ۴۴ - روغن لارد (پیه‌خوک) و روغن پنبه‌دانه تمایل به تشکیل چه شکل کریستالی دارند؟  
 (۱) بتا - بتا (۲) بتا - بتاپریم (۳) آلفا - بتا (۴) بتاپریم - بتاپریم
- ۴۵ - اندیس اسیدی و یدی به ترتیب چه رابطه‌ای با کشش سطحی روغن دارد.  
 (۱) مستقیم - مستقیم (۲) مستقیم - معکوس (۳) معکوس - مستقیم (۴) معکوس - معکوس
- ۴۶ - کدام یک از پروتئازهای زیر نقش اساسی خود را پس از مرگ جانور نشان می‌دهد.  
 (۱) پپسین (۲) کیموتریپسین (۳) کاتپسین (۴) پپسینوژن
- ۴۷ - کدام یک از صمغ‌های زیر بالاترین میزان هیستریزس را نشان می‌دهند؟  
 (۱) آگار (۲) گوار (۳) صمغ عربی (۴) کاراگینان
- ۴۸ - در مورد گوشت ماهی کدام گزینه صحیح است؟  
 (۱) در گوشت ماهی کلاژن زیاد و الاستین کم است.  
 (۲) در گوشت ماهی کلاژن کم و الاستین زیاد است.  
 (۳) در گوشت ماهی کلاژن زیاد و الاستین زیاد است.  
 (۴) گوشت ماهی کلاژن کم و فاقد الاستین است.
- ۴۹ - حضور کدام یک از اسیدهای چرب زیر در افزایش عدد صابونی چربی مؤثرتر است؟  
 (۱) اسید آراشیدونیک (۲) اسید اولئیک (۳) اسید پالمیتیک (۴) اسید لوریک
- ۵۰ - کدام یک از صمغ‌های زیر در دمای بالا تشکیل ژل می‌دهند؟  
 (۱) آگار (۲) کاراگینان (۳) ژلان (۴) متیل سلولز

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

۵۱ - تفاوت مالتوز و ایزومالتوز در چیست؟

- (۱) نوع واحدهای قندی تشکیل دهنده  
(۲) نوع پیوند گلیکوزیدی  
(۳) تعداد واحدهای قندی تشکیل دهنده  
(۴) یکی احیاء کننده و دیگری غیر احیاء کننده است.

۵۲ - نقش اسید در تشکیل ژل به وسیله پکتین کدام است؟

- (۱) خنثی کردن بارهای منفی (۲) جذب آب بوسیله پکتین (۳) هیدرولیز زنجیره پکتین (۴) افزایش زمان تشکیل ژل

۵۳ - برای تفکیک پنتوزها از هگزوزها از کدام تست استفاده می شود؟

- (۱) تست بارفورد (۲) تست اسازن (۳) تست بندیکت (۴) تست مولیش

۵۴ - در صورت جدا شدن توأم منیزیم و گروه فیتول از کلروفیل کدام ترکیب زیر به وجود می آید؟

- (۱) فتوفتین (۲) فتوفورید (۳) کلرین (۴) کلروفیلید

۵۵ - به ترتیب اسید آمینه شرکت کننده در قهوه‌ای شدن آنزیمی و اسید آمینه ممانعت کننده از قهوه‌ای شدن آنزیمی کدام است؟

- (۱) سیستین - تیروزین (۲) تیروزین - سیستین (۳) سیستین - تیروزین (۴) فنیل آلانین - سیستین

۵۶ - کدام یک از پروتئین‌های سفیده تخم مرغ نسبت به حرارت مقاوم تر است؟

- (۱) اووالبومین (۲) اووموگوئید (۳) اووموسین (۴) لیزوزیم

۵۷ - دوکوز 13 مونوانوئیک، اسید چرب شاخص کدام روغن می باشد؟

- (۱) کانولا (۲) سویا (۳) خردل (۴) هسته پالم

۵۸ - در مرحله اول اتواکسیداسیون اسید گامالینونیک هیدروژن از کدام کربن‌ها جدا می شود؟

- (۱) 12 , 9 , 6 (۲) 11 , 8 (۳) 14 , 11 (۴) 13 , 10 , 7

۵۹ - در کدام گزینه پیوند تشکیل دهنده هر دو الیگوساکارید از یک نوع است؟

- (۱) مانینوتریوز، مالتوتریوز (۲) سلوبیوز، ژنتیوبیوز (۳) ملی بیوز، ژنتیوبیوز (۴) ایزومالتوز، روتینوز

۶۰ - اوریزینین برنج جزء کدام گروه از پروتئین‌ها می باشد؟

- (۱) گلوتلین‌ها (۲) پرولامین‌ها (۳) هیستون‌ها (۴) پروتامین‌ها

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

## پاسخ‌ها

- ۱ - گزینه ۲ درست است.  
اووموگوئید بازدارنده تریپسین است و نسبت به دنا تورا سیون حرارتی بسیار مقاوم می‌باشد، اووالبومین نیز ساده‌تر از سایر پروتئین‌های تخم‌مرغ دنا توره می‌شود.
- ۲ - گزینه ۳ درست است.  
پروتئین حیوانات شامل سه دسته آلبومین - گلوبولین و گلوبولین می‌باشد که در بین آنها گلوبولین‌ها از بقیه فراوان‌تر هستند.
- ۳ - گزینه ۲ درست است.
- ۴ - گزینه ۴ درست است.  
تری‌گلیسریدها در سه فرم کریستالی اساسی یافت می‌شوند که به ترتیب شامل فرم شش گوش یا ( $\alpha$ )، فرم ارترومبیک ( $\beta'$ ) و تری کلینیک ( $\beta$ ) می‌باشند. جهت تهیه مارگارین، کریستال‌ها باید در فرم  $\beta'$  یا ارترومبیک آرایش پیدا کنند.
- ۵ - گزینه ۲ درست است.  
اسکوالن یکی از مهم‌ترین هیدروکربن‌های موجود در روغن‌هاست و ساختار خطی با باندهای دوگانه غیرمزدوج دارد. علت بی‌رنگ بودن اسکوالن همین پیوندهای غیرمزدوج آن است.
- ۶ - گزینه ۲ درست است.  
عدد هیدروکسیل عبارتست از مقدار میلی‌گرم پتاسی که برای خنثی کردن اسیداستیک ترکیب شده با ماده چرب استیله شده لازم است. با استفاده از عدد هیدروکسیل یا عدد استیل می‌توان گلیسریدهای دارای عوامل الکل آزاد یعنی هیدروکسی اسیدها (مثل اسیدریسینولئیک) و نیز الکل‌های آزاد مثل گلیسرین، کستروول و الکل‌های چرب را تشخیص داد.
- ۷ - گزینه ۱ درست است.  
سرعت موتارتاسیون با افزودن قلیا، اسید و حرارت افزایش می‌یابد که تأثیر قلیا بیش از سایر مواد است.
- ۸ - گزینه ۲ درست است.  
رمانوز از دسته داکسی قندها می‌باشد و به صورت L-6 داکسی مانوز می‌باشد.
- ۹ - گزینه ۱ درست است.  
پولولاناز آنزیمی است که تنها اتصالات  $\alpha(1 \rightarrow 6)$  را هیدرولیز می‌کند.
- ۱۰ - گزینه ۳ درست است.  
اسیدفرولیک فرم متیله شده اسیدکافئیک است. سوبستراهای متیله شده نمی‌توانند در واکنش قهوه‌ای شدن شرکت کنند.

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

۱۱ - گزینه ۳ درست است.

آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها هر دو از گروه رنگدانه‌های بنزوپیرنی هستند.

۱۲ - گزینه ۱ درست است.

امکان کمبود ویتامین D بیشتر از سایر ویتامین‌ها می‌باشد.

۱۳ - گزینه ۲ درست است.

با افزایش گروه‌های هیدروکسیل در ساختار یک آنتوسیانیدین رنگ آنها آبی‌تر می‌شود دلفی‌نیدین آبی‌ترین، آنتوسیانیدین است پس دارای بیشترین گروه هیدروکسیل (۳ گروه) می‌باشد.

۱۴ - گزینه ۲ درست است.

(11):1 C<sub>18</sub> اسید واکسینیک می‌باشد که ایزومر وضعیتی اسید اولئیک است.

۱۵ - گزینه ۳ درست است.

اتو اکسیداسیون و اکسیداسیون آنزیمی به سبب تشکیل رادیکال‌های آزاد توسط آنتی‌اکسیدان‌ها متوقف می‌شوند اما در سایر موارد رادیکال آزادی تشکیل نمی‌شود. پس آنتی‌اکسیدان‌ها تاثیری روی آنها ندارند.

۱۶ - گزینه ۱ درست است.

اسید آمینه محدودکننده پنبه دانه لیزین و اسیدهای آمینه محدود کننده بادام‌زمینی نیز متیونین و لیزین می‌باشند.

۱۷ - گزینه ۲ درست است.

کنالبویمین با آهن فریک پیوند کئوردینانسی می‌دهد و آن را از دسترس میکروارگانیزم‌ها محافظت می‌کند.

۱۸ - گزینه ۳ درست است.

قندهای احیاء کننده با فنیل هیدرازین در مجاورت اسید استیک و حرارت واکنش داده و اسازن‌ها را تشکیل می‌دهند.

۱۹ - گزینه ۴ درست است.

متوکسید سدیم (NaOCH<sub>3</sub>) و یا اتوکسید سدیم NaOC<sub>2</sub>H<sub>5</sub> می‌تواند به عنوان کاتالیزور اینتراستریفیکاسیون به کار روند.

۲۰ - گزینه ۳ درست است.

۲۱ - گزینه ۲ درست است.

۲۲ - گزینه ۴ درست است.

اسیدهای چرب مزدوج با سرعت بیشتری در واکنش اتواکسیداسیون شرکت می‌کنند. اسید پاریناریک یک اسید چرب مزدوج است.

۲۳ - گزینه ۴ درست است.

پاپائین، برومیلین، فیسین و کاتپسین پروتئازهای سولفیدریلی هستند که جهت فعالیت آنها وجود گروه سولفیدریل ضروری است.

**یادداشت:**

.....

.....

.....

.....

۲۴ - گزینه ۳ درست است.

$\beta$  پیرانوز رایج‌ترین فرم و  $\alpha$  فورانوز کمیاب‌ترین شکل ایزومری قندها می‌باشد.

۲۵ - گزینه ۱ درست است.

با کاهش طول زنجیره اسیدهای چرب ( افزایش اندیس صابونی ) و نیز با افزایش تعداد باندهای دوگانه ( افزایش اندیس یدی ) ، دانسیته آنها افزایش می‌یابد.

۲۶ - گزینه ۲ درست است.

در اثر احیاشدن مانوز، مانیتول و در اثر احیاءشدن فروکتوز هم سوربیتول و هم مانیتول تشکیل می‌شود.

۲۷ - گزینه ۳ درست است.

ورباسکوز پنتاساکاریدی تشکیل شده از سه مولکول گالاکتوز با اتصال  $(1 \rightarrow 6)$   $\alpha$  ، یک مولکول گلوکز و یک مولکول فروکتوز می‌باشد.

فروکتوز  $(1 \rightarrow 2)$  گلوکز  $(1 \rightarrow 6)$  گالاکتوز  $(1 \rightarrow 6)$  گالاکتوز  $(1 \rightarrow 6)$  گالاکتوز

ملی بیوز

گالاکتوبیوز

رافینوز

۲۸ - گزینه ۲ درست است.

گلوکونین به علت دارا بودن پیوندهای دی‌سولفیدی بین مولکولی دارای قابلیت اتساع پائین والاستیسیته بالایی می‌باشد.

۲۹ - گزینه ۴ درست است.

چون در هنگام هیدروژناسیون سلکتیو ابتدا غیر اشباع‌ترین اسیدهای چرب هیدروژنه می‌شوند پس روغن هیدروژنه شده سلکتیو دارای اسیدهای چرب چند غیر اشباعی کمتر است پس فاز القاء ( دوره اکسیداسیون کند ) طولانی‌تری دارد اما در هیدروژناسیون غیر سلکتیو احتمال ایجاد اسیدهای چرب کاملاً اشباع شده نیز وجود دارد پس نقطه ذوب بالاتری دارد.

۳۰ - گزینه ۲ درست است.

اسید اسکوربیک یک ترکیب پنج کربنه می‌باشد بنابراین در صورت آب‌گیری از آن فورفورال تشکیل می‌شود.

۳۱ - گزینه ۱ درست است.

کاروتنوئیدهای سنتتیک طی واکنش گرینارد و از بتایونن تهیه می‌شوند.

۳۲ - گزینه ۳ درست است.

جهت وقوع اکسیداسیون آنزیمی نیاز به ساختار 1 و 4 پنتادی آن است یعنی حداقل 2 باند دوگانه نیاز می‌باشد اما اتواکسیداسیون و فتواکسیداسیون حتی با یک باند دوگانه نیز رخ می‌دهند. بتااکسیداسیون هم که نیازی به وجود باند دوگانه ندارد.

یادداشت:

.....

.....

.....

.....



۳۳ - گزینه ۱ درست است.

۳۴ - گزینه ۲ درست است.

هر گاه توسط عمل آنزیم پکتاز و یا هیدرولیز قلیایی تمام گروه‌های متوکسیل پکتین جدا شود ترکیب حاصل اسیدپکتیک نام دارد.

۳۵ - گزینه ۲ درست است.

به بخش پروتئنی آنزیم (آپوآنزیم) و به بخش غیر پروتئینی آنزیم (کوفاکتور) می‌گویند به کوفاکتورهای آلی مثلاً ویتامین‌ها کوآنزیم گفته می‌شود.

۳۶ - گزینه ۱ درست است.

وقتی یک محلول اسیدی قند با غلظت بالا در دمای محیط قرار می‌گیرد در آن واکنش برگشت رخ می‌دهد و به این ترتیب دی‌ساکاریدهای جدیدی تشکیل می‌شود. روتینوز از اتصال یک مولکول مانوز به یک مولکول گلوکز تشکیل می‌شود پس از دی‌ساکاریدهای برگشتی گلوکز نیست.

۳۷ - گزینه ۱ درست است.

در ساختار فروکتو فورانوز اتصال (پل اکسیژنی) بین کربن‌های شماره ۲ و ۵ و در گلوکوپیرانوز اتصال بین کربن شماره ۱ و ۵ تشکیل می‌شود پس در هر دو کربن شماره ۵ فاقد گروه هیدروکسیل آزاد است و متیله نمی‌شود. متیله کردن قندها یکی از روش‌های تعیین محل ایجاد حلقه اکسیژنی در هنگام تشکیل فرم‌هاورث است.

۳۸ - گزینه ۲ درست است.

سیانو کوبالامین (VitB<sub>12</sub>) تنها ویتامین فلز دار است که در ترکیب خود دارای فلز کبالت می‌باشد. اسید فولیک نیز در ساختار خود اسید گلوتامیک دارد.

۳۹ - گزینه ۱ درست است.

در هیدرولیز اسیدی نشاسته رابطه‌ی خطی بین D . E و ترکیب شربت وجود دارد. یعنی به راحتی می‌توان از روی D.E به ترکیب شربت پی برد.

۴۰ - گزینه ۳ درست است.

تبدیل فرم‌های مختلف تریگلیسریدی به هم از پایداری کمتر به پایداری بیشتر می‌باشد که این پدیده مونوتروپیسیم می‌باشد.

۴۱ - گزینه ۱ درست است.

سربروزیدها جز لیپیدهای مرکب هستند بنابراین از گروه ترکیبات قابل صابونی شدن چربی‌ها می‌باشند.

#### یادداشت:

.....

.....

.....

.....

۴۲ - گزینه ۳ درست است.

ساختار فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها به صورت گلیکوزیدی می‌باشد. یعنی از یک بخش غیر قندی و یک بخش قندی تشکیل شده است. توجه شود که آنتوسیانیدین یک گلیکوزید نیست بلکه فقط بخش غیرقندی (آگلیکون) آنتوسیانین‌ها می‌باشد. بتانین هم ساختار گلیکوزیدی دارد یعنی از اتصال بتانیدین و قند تشکیل می‌شود.

۴۳ - گزینه ۲ درست است.

با افزایش DE نقطه انجماد کاهش می‌یابد پس شربتی که کمترین DE را دارد بالاترین نقطه انجماد را خواهد داشت.

۴۴ - گزینه ۲ درست است.

کریستال‌های لارد از نوع بتا و کریستال‌های پنبه‌دانه از نوع  $\beta'$  هستند.

۴۵ - گزینه ۴ درست است.

افزایش اندیس اسیدی به معنای افزایش اسیدهای چرب آزاد نمونه می‌باشد وجود اسید چرب آزاد به شدت کشش سطحی روغن را کاهش می‌دهد افزایش باند دوگانه یعنی افزایش اندیس یدی نیز سبب کاهش کشش سطحی می‌گردد.

۴۶ - گزینه ۳ درست است.

کاتپسین‌ها آنزیم‌هایی هستند که در لیزوزوم‌های سلولی قرار دارند و برخلاف سایر پروتئازها به صورت خارج سلولی ترشح نمی‌شوند این آنزیم‌ها پس از مرگ جانور از لیزوزوم‌ها آزاد شده و باعث تجزیه پروتئین‌ها می‌شوند در فرم کنترل شده همین امر سبب ترد شدن گوشت نیز خواهد شد.

۴۷ - گزینه ۱ درست است.

صمغ آگار دارای هیستریزیس بالایی می‌باشد. دمایی که یک ژل ذوب می‌شود از دمای بستن آن بالاتر است، این پدیده هیستریزیس نامیده می‌شود.

۴۸ - گزینه ۴ درست است.

گوشت ماهی نسبت به گوشت قرمز دارای کلاژن کمتر بوده و فاقد الاستین است.

۴۹ - گزینه ۴ درست است.

طول زنجیره با عدد صابونی رابطه عکس دارد. پس اسیدهای چرب کوتاه زنجیر دارای اندیس صابون بالاتری هستند.

۵۰ - گزینه ۴ درست است.

متیل سلولز در آب سرد محلول بوده و در آب گرم تشکیل ژل می‌دهد.

۵۱ - گزینه ۲ درست است.

مالتوز از اتصال  $(4 \rightarrow 1)\alpha$  و ایزومالتوز از اتصال  $(6 \rightarrow 1)\alpha$  دو مولکول گلوکز تشکیل می‌شوند.

**یادداشت:**

.....

.....

.....

.....

۵۲ - گزینه ۱ درست است.

اسید سبب خنثی کردن بارهای منفی موجود در زنجیره پکتین (ناشی از گروه‌های کربوکسیل یونیزه) می‌شود و به این ترتیب سبب کاهش نیروی دافعه بین زنجیره‌ها می‌گردد.

۵۳ - گزینه ۴ درست است.

تست مولیش جهت تفکیک پنتوزها از هگزوزها انجام می‌شود به طوریکه پنتوزها سریعتر از هگزوزها با معرف این تست (آلفانفتول) واکنش می‌دهند.

۵۴ - گزینه ۲ درست است.

فئوفوربید در اثر حذف توأم منیزیم و فیتول حاصل می‌شود.

۵۵ - گزینه ۲ درست است.

تیروزین سوسترای قهوه‌ای شدن آنزیمی است در حالیکه سیستئین اسیدآمینۀ ممانعت‌کننده از قهوه‌ای شدن آنزیمی است.

۵۶ - گزینه ۲ درست است.

اومو کوئید نسبت به حرارت بسیار مقاوم است.

۵۷ - گزینه ۳ درست است.

اسید اروسیک، (دوکوز 13 مونوانوئیک) اسید چرب شاخص روغن کلزا و خردل است. توجه شود که در کانولا اسیداروسیک حذف شده یا به حداقل مقدار خود رسیده است.

۵۸ - گزینه ۲ درست است.

محل باندهای دوگانه در گامالینولنیک اسید برنده کربن‌های شماره 6 و 9 و 12 می‌باشد بنابراین کربن‌های شماره 8 و 11 مجاور دو باند دوگانه هستند پس جهت جدا شدن هیدروژن مستعد می‌باشند.

۵۹ - گزینه ۲ درست است.

ساختار الیگوساکاریدهای قید شده به صورت زیر است.

مانینوتریوز:	گالاکتوز $\alpha(1 \rightarrow 6)$ گالاکتوز $\alpha(1 \rightarrow 6)$ گالاکتوز
مالتوتریوز:	گلوکز $\alpha(1 \rightarrow 4)$ گلوکز $\alpha(1 \rightarrow 4)$ گلوکز
سلوبیوز:	گلوکز $\beta(1 \rightarrow 4)$ گلوکز
ژنتیوبیوز:	گلوکز $\beta(1 \rightarrow 6)$ گلوکز
ملی‌بیوز:	گلوکز $\alpha(1 \rightarrow 6)$ گالاکتوز
ایزومالتوز:	گلوکز $\alpha(1 \rightarrow 4)$ گلوکز
روتینوز:	گلوکز $\alpha(1 \rightarrow 6)$ رامنوز

۶۰ - گزینه ۱ درست است.

اوریزینین برنج جزء پروتئینهای گلوٹلینی می‌باشد.

**یادداشت:**

.....

.....

.....

.....