

شیمی مواد غذایی

مجموعه مهندسی علوم و صنایع غذایی

مهندس مسعود هماپور

مؤسسه آموزش عالی آزاد پارسه

پارسه

چاپ ششم: بهار ۸۸ | تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه |

شابک: X-۹۰-۸۷۱۹-۹۶۴-X | ISBN: 964-8719-90-X

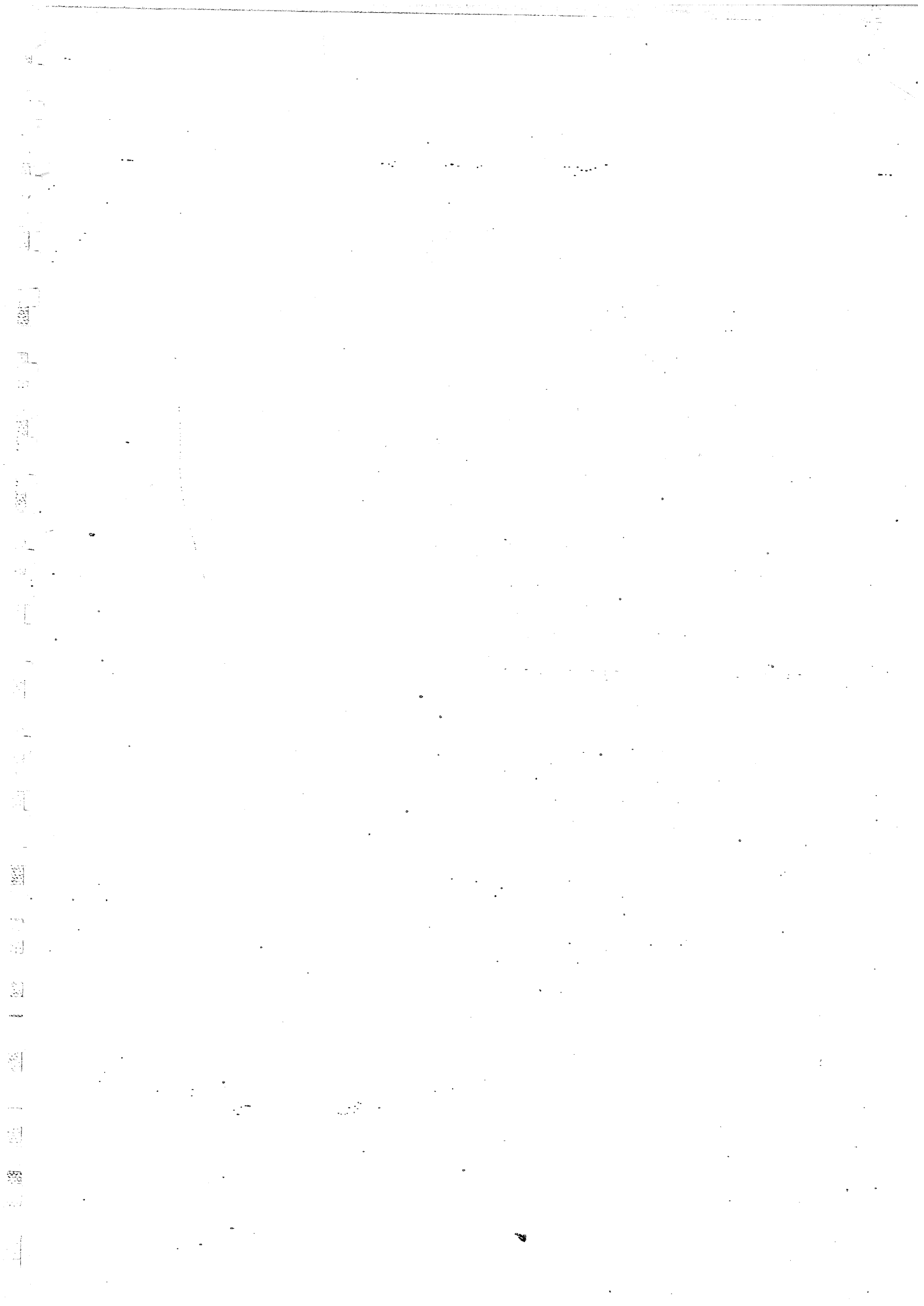
نشانی: بالاتراز میدان ولی عصر | کوچه دانش کیان | ساختمان پارسه | تلفن: ۸۸۴۹۲۱۱



به نام خدا

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این اثر بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است
متخلفین به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از مؤلفان ، مصنفان و هنرمندان
تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به مؤسسه آموزش عالی آزاد پارسه است.



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

مقدمه

درس شیمی مواد غذایی به واقع کلید ورود به دنیای علوم مواد غذایی می باشد این درس همین وضعیت کلیدی را نیز در کنکور دارد. بدین معنی که آموختن این درس زمینه درک بهتر سایر درس ها به ویژه تکنولوژی مواد غذایی را فراهم می کند.

در تهیه و نگارش درس نامه ای که در اختیار دارید، نهایت تلاش شده است که داوطلبان گرامی نیازی به مطالعه مطالب دیگر نداشته باشند و این جزوه به تنهایی جواب گوی سوالات کنکور باشد. اما به هر صورت این مجموعه نیز مانند هر تلاش بیشتری دارای نقاط ضعفی خواهد بود بنابراین صمیمانه از دانشجویان عزیز تقاضا می کنم مجموعه نظرات خود را ارائه نمایند تا در چاپ های بعدی مورد بررسی قرار گیرد.

خدایا چنان کن سرانجام کار
تو خشنود باشی و ما رستگار

مسعود هما پور

Homapour_ms@yahoo.com

بهار ۸۸

فصل اول کربوهیدرات‌ها

۹	..... انواع کربوهیدرات‌ها
۱۱	..... ایزومری نوری
۱۲	..... آناتیومری
۱۳	..... اپیمری
۱۵	..... خواصی از قندها که با فرم فیشر قابل توجیه نیستند
۲۱	..... خاصیت احیاء کنندگی
۲۲	..... اثر اسیدها بر قند
۲۳	..... اکسیداسیون قندها
۲۳	..... احیاء شدن قندها
۲۵	..... موتارتاسیون
۲۷	..... اثر قلیاها بر روی قند
۲۸	..... قندهای آمینه
۲۸	..... داکسی قندها
۲۹	..... گلیکوزیدها
۳۰	..... اولیگوساکاریدها
۳۶	..... کریستالیزاسیون
۳۶	..... پلی ساکاریدها
۳۷	..... نشاسته
۴۰	..... ژلاتیناسیون نشاسته و عوامل مؤثر بر آنها
۴۲	..... تهیه شربت ذرت
۴۵	..... نشاسته‌های اصلاح شده
۴۷	..... گلیکوژن
۴۷	..... سلولز

۴۸	هتروپلی ساکاریدها
۴۸	همی سلولزها و پنتوزانها
۴۹	مواد پکتیکی
۵۳	صمغها
۵۷	فیبرها
۵۹	تستهای فصل اول

فصل دوم لیپیدها

۶۷	انواع لیپیدها
۶۹	اسیدهای چرب
۷۴	انواع ایزومری در اسیدهای چرب
۷۵	اسیدهای چرب زنجیره منشعب
۷۷	لیپیدهای ساده
۷۷	تری گلیسیریدها
۸۰	منابع روغنی
۸۱	چربیهای نباتی
۸۵	مومها
۸۶	دیال لیپیدها
۸۶	لیپیدهای مرکب
۶۸	لیپیدهای مشتق شده
۹۳	ویژگیهای فیزیکی تری گلیسیریدها
۹۶	رنسیدیتی روغنها
۹۶	رنسیدیتی هیدرولیتیک
۹۷	رنسیدیتی اکسیداتیو
۹۷	اتوکسیداسیون
۱۰۱	عوامل مؤثر اتوکسیداسیون
۱۰۳	آنتی اکسیدانها و انواع آنها
۱۰۸	فتواکسیداسیون
۱۱۰	اکسیداسیون آنزیمی
۱۱۱	بتا اکسیداسیون
۱۱۱	برگشت طعم
۱۱۲	اینتراستریفیکاسیون
۱۱۴	هیدروژناسیون
۱۱۵	ویژگیهای فیزیکی لیپیدها
۱۱۹	اندیسهای روغن
۱۲۱	اثر حرارت روی تری گلیسیریدها
۱۲۳	تستهای فصل دوم

فصل سوم سیستمهای کلوئیدی

۱۳۰	ژلها
۱۳۱	امولسیونها
۱۳۳	انواع امولسیفایرها
۱۳۵	تستهای فصل سوم

فصل چهارم پروتئینها

۱۳۷	انواع اسیدهای آمینه
۱۴۱	پروتئینهای ساده

۱۴۲	پروتئین‌های مرکب
۱۴۳	پروتئین‌های مشتق‌شده
۱۴۴	ساختمان پروتئین‌ها
۱۴۹	دنا تورا سیون و عوامل مؤثر بر آنها
۱۵۱	خواص کاربردی پروتئین‌ها
۱۵۳	فرآورده‌های پروتئینی
۱۵۳	پروتئین‌های گوشت
۱۵۶	پروتئین‌های ماهی
۱۵۹	پروتئین‌های تخم‌مرغ
۱۶۰	پروتئین‌های گندم
۱۶۲	پروتئین‌های حبوبات
۱۶۵	تست‌های فصل چهارم

فصل پنجم ویتامین‌ها ۱۷۰

فصل ششم طعم مواد غذایی

۱۷۹	مزه مواد غذایی
۱۸۵	جنبه‌های چشایی دیگر
۱۸۷	بو و طعم مواد غذایی

فصل هفتم مواد معدنی

۱۹۱	استروویت‌ها
۱۹۲	عناصر معدنی کم مقدار

فصل هشتم مکانیسم واکنش‌های قهوه‌ای شدن

۱۹۴	واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی
۱۹۶	واکنش میلارد و عوامل مؤثر بر آن
۲۰۰	اکسیداسیون ویتامین C
۲۰۳	کاراملیزاسیون
۲۰۵	تست‌های فصل هشتم

فصل نهم آب

۲۰۷	سختی آب
۲۰۸	ساختمان آب
۲۰۹	نمودار فازهای آب
۲۱۲	منحنی‌های ایزوترم
۲۱۴	انجماد
۲۱۶	تست‌های فصل نهم

فصل دهم رنگ مواد غذایی

۲۱۹	رنگدانه‌های تتراپیرولی
۲۲۵	رنگدانه‌های ایزوپرنوئید
۲۲۹	رنگدانه‌های بنزوپیرانی
۲۳۳	رنگدانه‌های سنتتیک
۲۳۴	تست‌های فصل دهم

فصل یازدهم افزودنی‌های مواد غذایی ۲۳۸

فصل دوازدهم آنزیم‌ها

۲۴۷	طبقه‌بندی آنزیم‌ها
۲۵۴	تست‌های فصل دوازدهم

فصل اول

کربوهیدرات‌ها

کربوهیدرات‌ها، فراوان‌ترین دسته‌ی ترکیبات آلی موجود در طبیعت‌اند. این ترکیبات طی فتوسنتز و به وسیله‌ی کلروفیل موجود در کلروپلاست گیاهان از دی‌اکسیدکربن و آب صرفاً در حضور نور خورشید ساخته می‌شوند. فرمول عمومی کربوهیدرات‌ها $C_n(H_2O)_n$ می‌باشد. هر چند این فرمول عمومیت ندارد. به طوری که پکتین^۱ و همی سلولز^۲ دارای این فرمول نیستند، اما کربوهیدرات می‌باشند و یا ترکیباتی مثل اسیداستیک، اسیدلاکتیک و یا فلوروگلوسینول از این فرمول پیروی می‌کنند، اما کربوهیدرات نمی‌باشند. میزان نسبی کربوهیدرات در برخی از فرآورده‌ها به شرح زیر می‌باشد:

20 %	موز	84 %	نشاسته ذرت
0.5 %	تخم مرغ و گوشت	80 %	عسل
		75 %	خرما و آرد گندم

- کربوهیدرات‌ها را بر اساس فرآورده‌های آبکافت (هیدرولیز) به سه دسته مونو، الیگو و پلی ساکاریدها^۳ تقسیم می‌کنند:

۱- مونوساکاریدها:

ترکیباتی هستند که:

- بین 3-7 اتم کربن دارند و در اثر هیدرولیز به قند ساده‌تری تجزیه نمی‌شوند.
- در آب محلول بوده، در الکل به سختی حل شده و در اتر حل نمی‌شوند.
- معمولاً شیرین هستند.
- ترکیباتی خنثی و قابل انتشار می‌باشند و همگی اجیا کننده هستند.

1. pectin
2. Hemicellulose
3. polysaccharides

۲- الیگوساکاریدها^۱:

در اثر هیدرولیز به 2 تا 10 واحد قندی (مونوساکارید) تجزیه می‌شوند. (معمولاً ۶-۲ واحد قندی). در بین الیگوساکاریدها، دی‌ساکاریدها فراوان‌ترین هستند. این گروه به دو دسته همو و هتروالیگوساکارید زیر تقسیم می‌شوند.

الف) هموالیگوساکاریدها: ترکیباتی هستند که تنها از یک نوع مونو ساکارید تشکیل می‌شوند. مثل مالتوز^۲، سلوبیوز^۳ یا مالتوتریوز^۴ که تنها از گلوکز تشکیل شده‌اند.

ب) هتروالیگوساکاریدها: ترکیباتی هستند که از بیش از یک نوع مونوساکارید تشکیل می‌شوند. مثل ساکارز^۵ که از گلوکز^۶ و فروکتوز^۷ تشکیل شده یا رافینوز^۸ که از گالاکتوز^۹، گلوکز و فروکتوز تشکیل می‌شود.

۳- پلی ساکاریدها:

در اثر هیدرولیز آن‌ها بیش از 10 واحد قندی آزاد می‌شود. و بر دو نوع همو و هتروپلی ساکارید می‌باشند:

الف: هموپلی ساکارید مثل سلولز^{۱۰} - نشاسته^{۱۱} - گلیکوژن^{۱۲}

ب: هتروپلی ساکارید مثل پکتین - همی سلولز - صمغ^{۱۳}

نکته: لیگنین^{۱۴} اصلاً پلی ساکارید نمی‌باشد و همراه با سلولز، همی سلولز، مواد پکتیکی و پنتوزان^{۱۵} تشکیل‌دهنده دیواره سلول گیاهی می‌باشند.

مونوساکاریدها از الکل تری آلی به نام گلیسرول سنتز می‌شوند، به این ترتیب اگر دو اتم هیدروژن از کربن شماره 1 گلیسرول جدا شود یک ساختار آلدئیدی تحت عنوان، گلیسرآلدئید^{۱۶} به وجود می‌آید که منشأ تمام قندهای آلدئیدی دیگر است.

اگر جدا شدن اتم‌های هیدروژن از کربن شماره 2 گلیسرول باشد، ساختاری کتون، تحت عنوان دی‌هیدروکسی استن به وجود می‌آید که منشأ تمام قندهای کتونی دیگر خواهد بود.

پس تمام مونوساکاریدها یا جزء گروه پلی هیدروکسی آلدئیدها و یا گروه پلی هیدروکسی کتون‌ها هستند. سایر قندها از مشتقات این دو ترکیب هستند که با وارد شدن تعداد معینی CHOH به این ترکیبات، سنتز می‌شوند.

جهت نام‌گذاری قندهای آلدئیدی از پیشوند آلدو همراه با قید تعداد اتم کربن و پسوند «آز» و در مورد قندهای کتونی پیشوند

کتو و پسوند «اولوز» به کار می‌بریم.

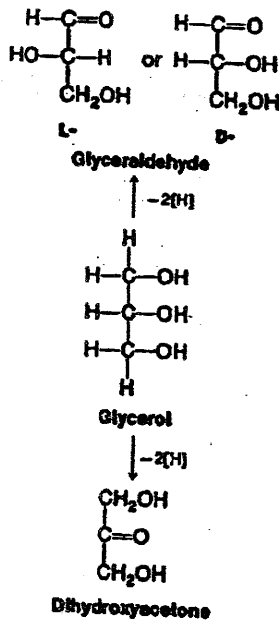
1. oligosaccharides
2. Maltose
3. Cellobiose
4. Maltotriose
5. sucrose
6. Glucose
7. Fructose
8. Raffinose
9. Galactose
10. Ceiulöse
11. Starch
12. Glycogen
13. Gum
14. Lignin
15. Pentosan
16. glyceraldehyde

به این ترتیب گلیسرآلدئید یک آلدوتریوز و دی‌هیدروکسی استون یک کتوتریولوز می‌باشد.

نکته: جهت تفکیک قندهای آلدئیدی از کتونی از تست سلوانف استفاده می‌شود که با قندهای کتونی سریع‌تر رسوب می‌دهد.

نکته: قندهایی که دو گروه آلدئیدی داشته باشند، دی آلدوز و قندهایی که 2 گروه کتونی دارند، دی اولوز و قندی که هم گروه

آلدئیدی و هم کتونی دارد، اسولوز نامیده می‌شود.



شکل ۱-۱: بسته به این که حذف دو اتم هیدروژن از گلیسرول یا گلیسرین از آنها و یا از وسط مولکول باشد، گلیسرآلدئید و یا دی‌هیدروکسی استون به دست می‌آید.

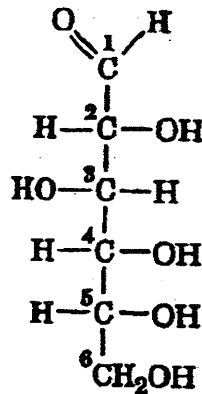
نکته:

- فراوانترین مونوساکارید طبیعت، گلوکز است.
- فراوانترین الیگوساکارید (دی ساکارید)، ساکارز است.
- فراوان‌ترین پلی ساکارید، سلولز است.
- فراوان‌ترین قند کتونی، فروکتوز است.

- نخستین ساختار ارائه شده برای گلوکز فرم زنجیره باز فیشر^۱ بود که در آن قند دارای یک گروه کربونیلی (آلدئیدی) آزاد است.

یعنی گلوکز از مشتقات گلیسرآلدئید است. گلوکز یک قند شش کربنه می‌باشد که در فرم خطی دارای یک گروه آلدئیدی آزاد و ۴

گروه هیدروکسیل نوع دوم (کربنهای شماره ۲، ۳، ۴، ۵) می‌باشد. بنابراین گلوکز به صورت یک آلدوهگوز می‌باشد.



D-Glucose

شکل ۱-۲: ساختمان شیمیایی D-گلوکز

برخی از خواص قندها به خوبی با فرم فیشر قابل توجیه هستند:

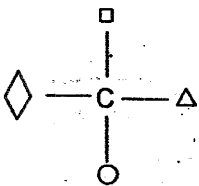
۱- ایزومری فضایی:

هر ترکیبی که دارای کربن نامتقارن (کایرال) باشد، جهت نور پلاریزه را منحرف می‌کند و به این ترتیب آن ترکیب ایزومر نوری خواهد داشت (به این معنی که این ترکیبات نور پلاریزه را با زاویه‌ای یکسان در دو سمت مختلف منحرف می‌کنند).

راستگرد: مثبت (+)

چپگرد: منفی (-)

نکته: کربنی که هر چهار استخلاف آن توسط ترکیباتی متفاوت اشغال شده باشد را کربن نامتقارن یا کایرال می‌گویند.



تعداد ایزومر فضایی با رابطه‌ی 2^n (n: کربن کایرال) به دست می‌آید. مثلاً گلوکز دارای 4 کربن کایرال (کربن‌های شماره 2, 3, 4, 5) و در نتیجه دارای 16 ایزومر می‌باشد. اما فروکتوز دارای 3 کربن کایرال (کربن‌های شماره 3, 4, 5) می‌باشد و بنابراین تنها 8 ایزومر دارد. به این ترتیب، گلیسرآلدئید دارای یک کربن کایرال و دو ایزومر نوری است. اما دی‌هیدروکسی استون، تنها قندی است که کربن کایرال ندارد.

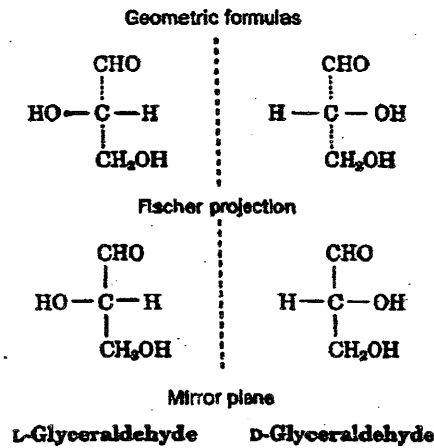
نکته: همواره در تعداد کربن برابر، قندهای کتون نسبت به انواع آلدئیدی، یک کربن کایرال کمتر دارند در نتیجه ایزومر آن‌ها نصف قندهای آلدئیدی است.

۲- آنانتیومری:

هرگاه گروه هیدروکسیل کربن کایرالی که بیش‌ترین شماره را دارد، (آخرین کربن کایرال) در سمت راست فرم فیشر باشد، ساختار قند از نوع D و در غیر این صورت از نوع L می‌باشد.

نکته: اکثر قندهای شیرین طبیعی ساختمان D دارند.

به جز آرابینوز^۱، نوع L در سایر مونوساکاریدهای طبیعی بسیار کمیاب است. هیچ ارتباطی بین اشکال D و L قندها و جهت چرخش نور پلاریزه در مونوساکاریدها وجود ندارد.



شکل ۱-۳: ساختار فضایی مولکول گلیسرآلدئید به پیشنهاد فیشر

هرگاه در مخلوطی مقادیر مساوی (D) و (L) از یک قند حضور داشته باشند، آن را مخلوط «راسمیک» می‌نامند که فاقد فعالیت نوری است.

نکته: D و L نسبت به هم تصاویر آینه‌ای غیرقابل انطباق بوده و ایزومر نوری هم نیستند.

۳- اپیمری^۲:

به قندهایی که با هم تنها در استخلاف یک اتم کربن، اختلاف دارند اپیمر گفته می‌شود. به عبارت دیگر در این قندها سمت قرار گرفتن گروه‌های هیدروکسیل به جز هیدروکسیل آخر تفاوت می‌کند.

مانند گلوکز و مانوز^۳ که اختلافشان تنها در استخلاف کربن شماره ۲ (C₂) می‌باشد که در مورد گلوکز گروه هیدروکسیل این کربن سمت راست تصویر فیشر و در مورد مانوز در سمت چپ می‌باشد.

یا گلوکز و گالاکتوز با اختلاف در استخلاف کربن شماره ۴ (C₄)، نسبت به هم اپیمر هستند. اما گلوکز و فروکتوز یا مانوز و گالاکتوز نسبت به هم اپیمر نمی‌باشند.

در بین قندهای کتون نیز فروکتوز، سوربوز و تاگاتوز نسبت به هم اپیمر هستند.

نکته: تبدیل اپیمرها به هم را اپیمریزاسیون می‌گویند که توسط گروهی از آنزیم‌ها موسوم به اپیمرازها صورت می‌گیرد.

1. Arabinose
2. Empier
3. Mannose

مشخصات برخی از مونوساکاریدهای مهم:

D- گالاکتوز:

فراوان ترین مونوساکارید پس از D- گلوکز، D- گالاکتوز است این قند یک آلدوهگروز بوده و بیشتر به شکل D پیرانوز و معمولاً در ساختار الیگوساکاریدهایی مثل لاکتوز، رافینوز و نیز برخی پلی ساکاریدها مثل صمغ‌ها یافت می‌شود.

D- مانوز:

آلدوهگروزی است که به ندرت به فرم آزاد یافت می‌شود. ایزومر Dβ مانوز ترکیبی تلخ مزه است.

D- فروکتوز:

یک کتوهگروز بوده و در بین قندهای کتونی فراوان ترین است. قندی است چپ گردان نور پلاریزه به همین دلیل لولوز نامیده می‌شود. در ساختار ساکارز، رافینوز و نیز دو پلی ساکارید اینولین^۱ و لوآن^۲ یافت می‌شود. همچنین فروکتوز شیرین ترین قند طبیعت نیز می‌باشد.

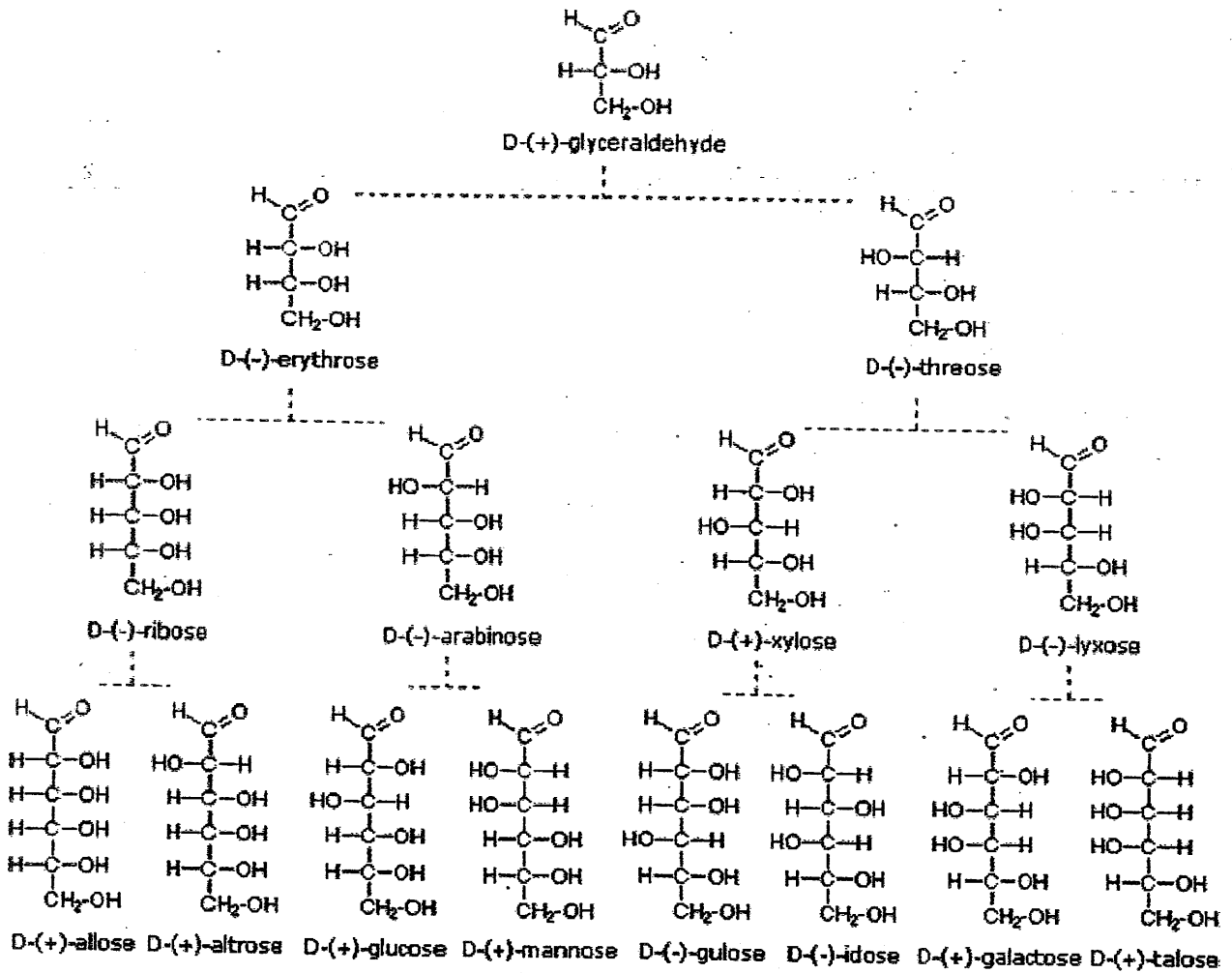
L- آرابینوز:

یک آلدوپنتوز است که در طبیعت بیشتر در فرم L- آرابینوفورانوز یافت می‌شود. در ساختار همی سلولز و پنتوزان همراه D- گزیلوز^۳ وجود دارد در بدن آنزیم فسفریله کننده آن (آرابینوکیناز) وجود ندارد بنابراین متابولیزه نمی‌شود.

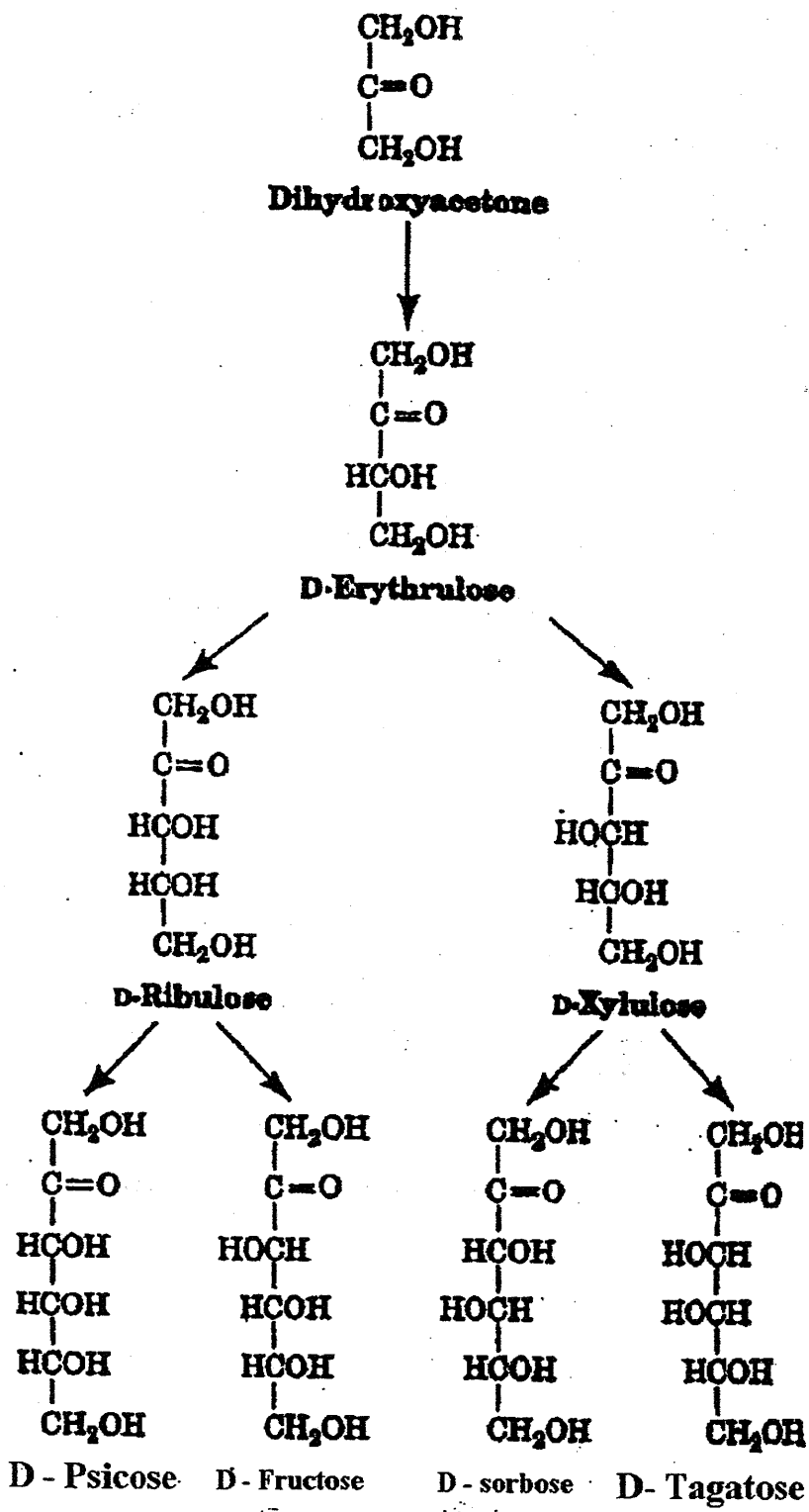
D- گزیلوز:

یک آلدوپنتوز است که بیشتر در فرم D گزیلوپیرانوز وجود دارد.
 نکته: پنتوزها معمولاً در طبیعت به فرم آزاد و مونومری^۴ یافت نمی‌شوند بلکه عمدتاً دارای فرم پلیمری^۵ هستند یعنی آرابینوز در فرم آرابان^۶ و گزیلوز به شکل گزیلان^۷ دیده می‌شوند.
 نکته: مخمرها فرم D گلوکز، مانوز، فروکتوز، و گالاکتوز را تخمیر می‌کنند اما قادر به تخمیر دیگر قندها حتی سایر ایزومرهای این قندها و نیز پنتوزها نمی‌باشند.

1. Inulin
2. Levan
3. D-Xylose
4. monomer
5. polymer
6. Araban
7. Xylan



شکل ۴-۱. رابطه ساختمانی D- آلدوزها که در آن مهم‌ترین قندهای موجود در طبیعت مورد نظر قرار گرفته‌اند.

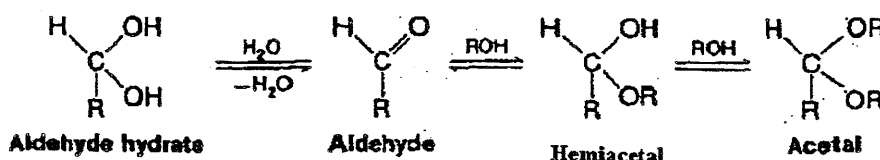


شکل ۵-۱: ارتباط ساختمانی قندهای کتون دارای باسه تا شش کربن

بعضی از خواص شیمیایی قندها توسط ساختار باز فیشر قابل توجه نمی‌باشد، که این خواص شامل موارد زیر است:

۱- عدم تولید استال با الکل‌ها برخلاف آلدئیدها

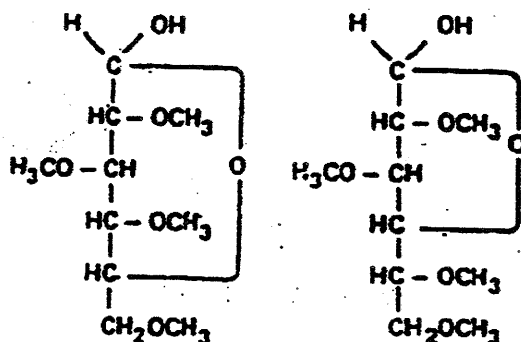
گروه کربنیل آلدوزها می‌توانند با ترکیبات حاوی گروه هیدروکسیل وارد واکنش شوند. اگر یک مولکول آب به این گروه اضافه شود، محصول به دست آمده هیدرات آلدئید است. ولی اگر یک مولکول الکل به گروه کربنیل آلدئید اضافه شود، همی استال^۱ تشکیل می‌شود. قندهای آلدئیدی نیز این خاصیت را دارند. اگر یک مولکول الکل دیگر به همی استال اضافه شود، استال تشکیل می‌شود اما قندها این توانایی را ندارند. یعنی همی استال تشکیل می‌دهند، اما استال تشکیل نمی‌دهند.



شکل ۶-۱: آلدئیدها می‌توانند با ترکیب با آب به هیدرات و یا با ترکیب با الکل به همی استال و یا استال تبدیل شوند.

۲- متیلاسیون قندها

توسط روش متیلاسیون یعنی استخلاف یک گروه متیل به جای یکی از هیدروکسیل‌ها می‌توان، محل اتصال یعنی محل تشکیل حلقه در واقع پیرانوز یا فورانوز بودن را در قند مشخص کرد. به این صورت که در کربن شماره ۵ گلوکز، گروه متیل جایگزین نمی‌شود و بیان‌گر این است که این کربن درگیر تشکیل حلقه اکسیژنی می‌باشد.



شکل ۷-۱: متیلاسیون قندها

۳- موتارتاسیون^۲

۴- آنومری^۳

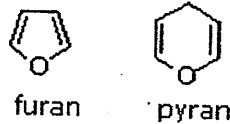
به این ترتیب قندهای آلدئیدی یا کتونی قادر به انجام برخی واکنشهایی که آلدئیدی یا کتون‌های واقعی انجام می‌دهند، نیستند پس مشخص می‌شود که گروه کربونیلی این قندها آزاد نیست بلکه با یکی از گروه‌های هیدروکسیل کربن‌ها اتصال دارد. بنابراین نمایش فرم

1. Hemiacetal
2. Mutarotation
3. Anomer

بسته قندها متداول گردید. در این مدل که به فرم هاورث^۱ موسوم است، یک پل اکسیژنی بین کربن دارای گروه کربونیل یعنی کربن شماره ۱ در قندهای آلدئیدی که با گروه هیدروکسیل کربن شماره ۴ یا ۵ برقرار می‌شود و به این ترتیب یک حلقه‌ی بسته هتروسیکلیک (نامتجانس) تشکیل می‌شود. علت این که این حلقه نامتجانس نامیده می‌شود این است که یکی از اعضاء حلقه به جای کربن، اکسیژن است.

ساختار همی استال حاصله اگر بین کربن شماره ۱ و ۵ در قندهای آلدئیدی باشد، یک حلقه‌ی شش گوش شبیه پیران، موسوم به پیرانوز ایجاد می‌کند.

اگر بین کربن شماره ۱ و ۴ باشد، حلقه‌ی ۵ گوش حاصله، شبیه فوران بوده و در نتیجه فورانوز نامیده می‌شود.



اما در قندهای کتونی حلقه‌ی حاصله همی کتال است و در این حالت اگر پلی اکسیژنی بین کربن شماره ۲ (کربن کربونیلی) و گروه هیدروکسیل کربن شماره ۶ باشد، پیرانوز و اگر بین کربن شماره ۲ و ۵ فورانوز نامیده می‌شود. پس از تشکیل حلقه، کربن دارای گروه کربونیل هم تبدیل به کربن کایرال می‌گردد و به این ترتیب تعداد ایزومرهای نوری قند دو برابر خواهد شد چون یک اتم کربن کایرال به قند اضافه شده است.

نکته: ساختمان پیرانوزی همواره پایدارتر از ساختمان فورانوزی می‌باشد.

نکته: عموماً هگزوزها تمایل به تشکیل ساختار پیرانوزی و پنتوزها تمایل به تشکیل حلقه فورانوز دارند.

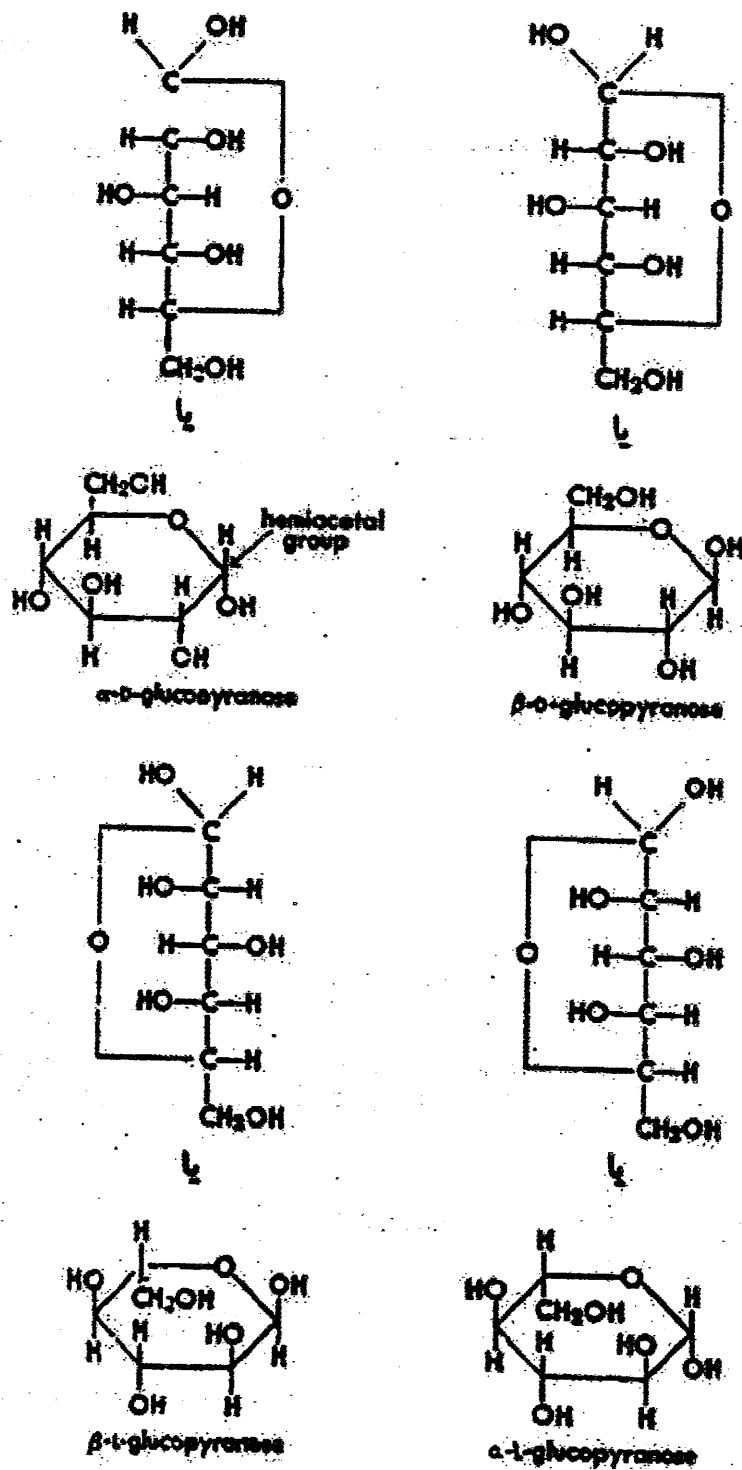
پس از تشکیل حلقه هرگاه گروه هیدروکسیل ایجاد شده روی کربن آنومری و اکسیژن حلقه در یک سمت باشد، قند حاصله α و اگر این دو گروه در خلاف جهت هم باشد، قند حاصله β است.

وضعیت α و β نسبت به هم آنومر نامیده می‌شوند که همانند انانتیومرها نسبت به هم ایزومر نوری نمی‌باشند.

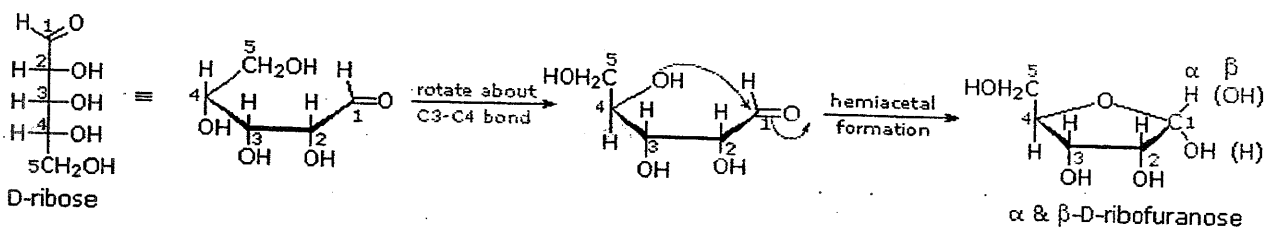
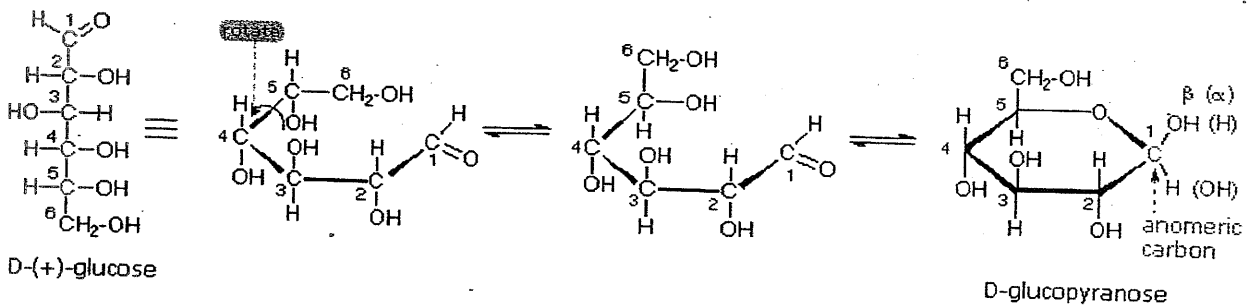
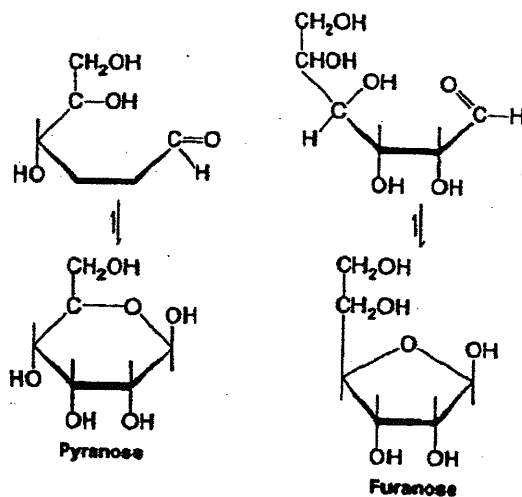
- برای قندهای β ، OH کربن شماره ۱ بالای تصویر و برای قندهای α در پایین تصویر است.

- برای قندهای سری D، گروه CH_2OH آخری در بالای تصویر و برای انواع L، پایین تصویر است.

نکته: همانطور که قبلاً اشاره شد توسط روش متیلاسیون می‌توان محل تشکیل حلقه را تشخیص داد به این ترتیب که متیله کردن کامل $D\alpha$ گلوکوپیرانوزید سبب تشکیل 2,3,4,6 تترامتیل گلوکوپیرانوزید می‌شود و نشانگر این است که کربن شماره ۵ گروه هیدروکسیل آزاد ندارد پس ساختار قند از نوع پیرانوزی است.



شکل ۱-۸. شکل‌های آنومری D و L گلوکز



شکل ۹-۱: مراحل تشکیل یک مولکول پیرانوز و یک مولکول فورانوز از شکل زنجیر باز

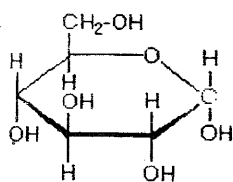
از آنجایی که در فرمول هاورث زوایای پیوندی به طرز دقیق محاسبه نمی‌شدند، بنابراین نمایش‌های کنفورماسیونی ارائه شدند که شکل‌های کنفورماسیونی زیادی برای قندهای پیرانوزی امکان‌پذیر است که مهم‌ترین آنها دو شکل صندلی و قایق هستند. مدل صندلی بسیار مستحکم‌تر از مدل قایق است و در محلول هگروها عموماً این شکل وجود دارد. دو فرم C-1D (اکسیژن خارجی) و 1-CD (اکسیژن داخلی) رایج‌ترین این اشکال هستند. در شکل C-1D اتصالات و گروه‌های هیدروکسیل همگی از نوع استوایی^۱ هستند در حالی که در نوع 1-CD این اتصالات حالت محوری^۲ دارند. بنابراین فرم C-1D بالاترین پایداری ترمودینامیکی را داشته و پایدارترین فرم است.

1. Equatorial
2. axial

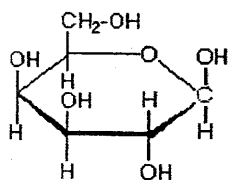
نکته: در C-1D کربن شماره ۴ بالاست.

نکته: در فرم 1-CD کربن شماره یک بالاست.

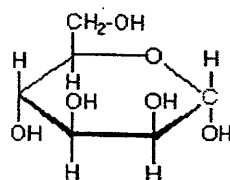
- بر خلاف نمایش هاروٹ که امکان تبدیل اشکال مختلف قندها به هم حتماً باید از فرم فیشر عبور کنند، یعنی حلقه باز شود، در نمایش‌های کنفورماسیونی نیازی به باز شدن حلقه جهت تبدیل اشکال صندلی و قایق به هم وجود ندارد.



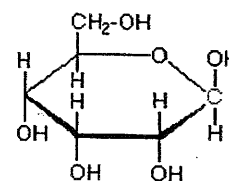
α -D-glucopyranose



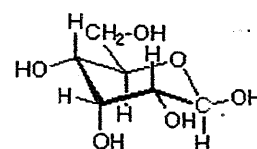
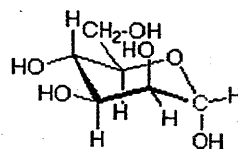
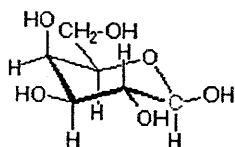
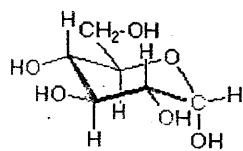
β -D-galactopyranose



α -D-mannopyranose



β -D-allopyranose



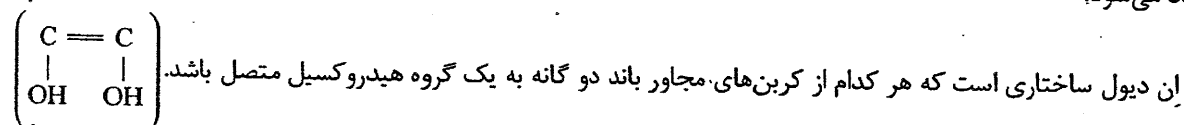
خواص شیمیایی قندها

۱- خاصیت احیا کنندگی:

تمام مونوساکاریدها و قسمت زیادی از دی‌ساکاریدها (مالتوز - لاکتوز - سلوبیوز و ...) به سبب دارا بودن گروه‌های کربونیلی آزاد (هیدروکسیل همی‌استال یا همی‌کتال آزاد) دارای خاصیت احیا کنندگی هستند.

خاصیت احیا کنندگی قندها را توسط یون مس (Cu^{+2}) و یا یون نقره (Ag^+) در محلول‌های قلیایی تشخیص می‌دهند. علت استفاده از محلول‌های قلیایی این است که قندها در محیط‌های قلیایی شدیداً احیا کننده هستند.

قندهایی که دارای کربن آنومری باشند در محلول‌های قلیایی دچار توتومریزاسیون^۱ (انولیزاسیون) می‌شوند. توتومریزاسیون فرایندی است که در آن یک اتم هیدروژن از یک کربن به کربن آنومری منتقل شده و ترکیبی به نام **دیول** ایجاد می‌شود.



این دیول سبب احیاء شدن یون مس دو ظرفیتی (Cu^{+2}) و تبدیل آن به یون مس Cu^+ یک ظرفیتی می‌شود و به این ترتیب رسوب زرد رنگ هیدروکسید مس ($CuOH$) و یا رسوب قرمز رنگ اکسید مس ($Cu_2O(I)$) ایجاد می‌شود.

نکته: هرگاه یک گروه کربونیل مجاور ساختار آن دیول باشد به ترکیب حاصل **رداکتون**^۲ گویند که از محصولات جانبی واکنش میلارد می‌باشد.

به عنوان مثال، معرف فهلینگ با قند احیا کننده واکنش داده و در این واکنش، قند اکسید می‌شود و رسوب قرمز آجری رنگی تشکیل می‌شود. معرف فهلینگ، شامل فهلینگ A (سولفات مس) و فهلینگ B (تارتارات مضاعف سدیم و پتاسیم + سود) می‌باشد.

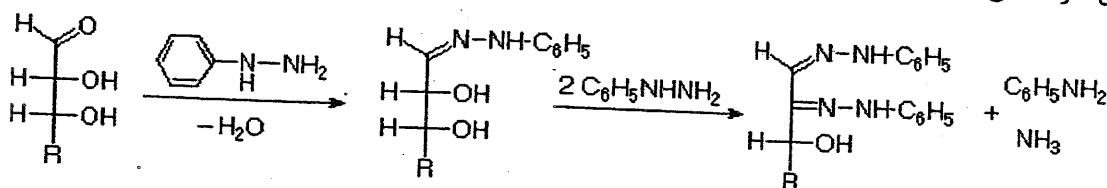
معرف بندیکت^۱ هم توانایی تشخیص قندهای احیاکننده از انواع غیر احیا را دارد، با این تفاوت که حساسیت آن خیلی بیش تر از معرف فehلینگ است. معرف بندیکت شامل (نیترات مضاعف سدیم به اضافه ی کربنات سدیم) است.

• قندهای احیاکننده می توانند با فنیل هیدرازین در مجاورت اسید استیک و حرارت واکنش داده و اسازون ها^۲ (اوزازون ها) را تشکیل دهند.

نکته: هر قندی اسازون منحصر به خود را تشکیل می دهد. اسازون ها ترکیباتی کریستالی هستند که دارای حلالیت کم تر از قند

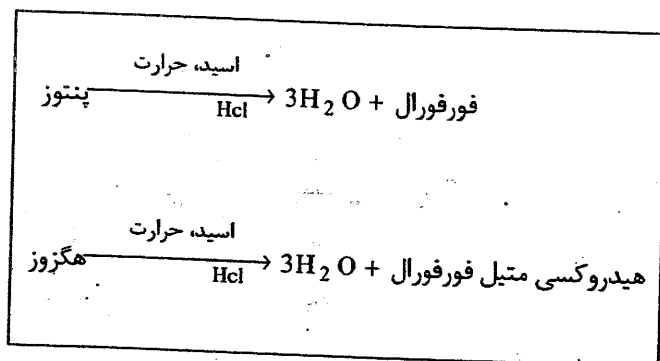
سازنده ی خودشان می باشند.

پس به واسطه ی تشکیل اسازون علاوه بر این که قند احیا از غیر احیا تفکیک می گردند خود قندهای احیاکننده را نیز می توان از هم تشخیص داد. به استثنای گلوکز - فروکتوز و مانوز که اسازون هایشان کاملاً شبیه هم است. زیرا فقط کربن های شماره ۲ و ۱ در تشکیل اسازون شرکت می کنند. کربن ها شماره ی 4, 5 و 6 کاملاً یکسانی دارند.



۲- اثر اسیدها بر قندها:

اسیدهای قوی و حرارت با اثر نمودن بر روی قندها سبب خارج شدن آب از ساختار آن ها و تبدیل آن ها به ساختارهایی خلقوی می شوند. در این حالت پنتوزها، فورفورال و هگزوزها، هیدروکسی متیل فورفورال تشکیل می دهند.



فورفورال و مشتقات آنها در حضور ترکیبات فنلی مثل آلفانفتول واکنش داده و مواد رنگی (حلقه بنفش) ایجاد می کند که به این واکنش تست مولیش گفته می شود.

آزمایش مولیش یا واکنش آلفانفتول یکی از آزمایشهای عمومی برای شناسایی کربوهیدراتها می باشد. با این آزمایش می توان وجود یا عدم وجود قند را در یک محلول تشخیص داد. مثلاً در کارخانه قند هنگام استفاده از آب کندانس برای بویلرها به جهت اینکه وجود قند در آب برای دیگ بخار کاملاً نامناسب است، پس ابتدا تست مولیش می گیرند.

همچنین با این آزمایش می توان نوع قند را از لحاظ پنتوز یا هگزوز بودن تشخیص داد به این ترتیب که فورفورال حاصل از پنتوزها خیلی سریع با آلفانفتول واکنش داده و حلقه بنفش تشکیل می دهد اما هیدروکسی متیل فورفورال حاصل از هگزوزها با تاخیر به این معرف، واکنش نشان می دهد.

1. Benedict
2. osazone

همچنین با این آزمایش می‌توان نوع قند را از لحاظ پنتوز یا هگزوز بودن تشخیص داد به این ترتیب که فورفورال حاصل از پنتوزها خیلی سریع با آلفانفتول واکنش داده و حلقه بنفش تشکیل می‌دهد اما هیدروکسی متیل فورفورال حاصل از هگزوزها با تاخیر به این معرف، واکنش نشان می‌دهد.

۳- اکسیداسیون قندهای آلدئیدی:

قندها به سه شیوه متفاوت اکسید می‌شوند و گروه‌های عامل آن‌ها تبدیل به گروه اسیدی می‌شود. الف) هرگاه گروه آلدئیدی قندها تحت اثر یک عامل اکسنده ضعیف قرار گیرد، مثلاً اکسیداسیون هوازی قند توسط آسپیریلوس نایجر یا عمل آنزیمی مثل گلوکز اکسیداز، در این صورت گروه آلدئیدی اکسید شده و تبدیل به گروه کربوکسیل می‌گردد. در این صورت ترکیب حاصل اسید آلدونیک^۱ نام دارد.

مثلاً از گلوکز در این حالت اسید گلوکونیک حاصل می‌شود.

اسید گلوکونیک در اثر حرارت دادن، یک مولکول آب از دست داده و مخلوطی از گاما و دلتا لاکتون می‌دهد.

نکته: معروف‌ترین ترکیب این گروه اسید سوربیک است که به عنوان یک ضد کپک در صنعت کاربرد دارد.

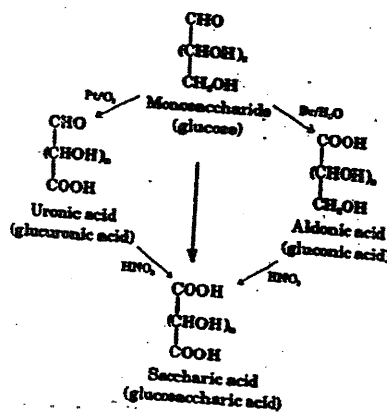
ب) اگر عامل اکسنده قوی باشد، مثل HNO_3 (اسید نیتریک) هم کربن شماره ۱ (عامل آلدئیدی) و هم گروه هیدروکسیل کربن آخر (عامل الکلی نوع اول) اکسید می‌شوند و اسید آلداریک^۲ می‌دهد. مثلاً از گالاکتوز در این حالت اسید گالاکتاریک^۳ (موسیک) و از گلوکز، اسید ساکاریک حاصل می‌شود.

ج) هرگاه تنها گروه الکلی نوع اول اکسید شود اسید اورونیک^۴ تشکیل می‌شود. این ترکیبات احیا کننده‌اند، پس توانایی تشکیل زنجیره‌های پلی‌مری را دارند به این ترتیب اسیدهای اورونیک پیش‌ساز بسیاری از پل ساکاریدها هستند.

مثلاً از گالاکتوز در این حالت گالاکتورونیک^۵ اسید حاصل می‌شود که زنجیره‌ی اصلی پکتین را تشکیل می‌دهد یا از مانوز، مانورونیک اسید (تشکیل دهنده زنجیره‌ی اصلی آلژین) تشکیل می‌شود.

این واکنش در آزمایشگاه به سادگی قابل انجام نیست، ولی در موجود زنده به طریقه آنزیمی انجام می‌گیرد و راهی جهت دفع مواد

سمی به صورت ترکیب با اسیدهای اورونیک می‌باشد.



شکل ۱۰-۱: اکسیداسیون قندها

1. Aldonic acid
2. Aldaric acid
3. Glu caric acid
4. Uronic acid
5. Galacturonic acid

۴- احیا شدن قندها:

هرگاه گروه کربونیلی قندها تحت اثر یک عامل احیا کننده قوی مثل سدیم آمالگام یا هیدرید لیتیم آلومینیوم یا عمل هیدروژناسیون کاتالیزوری و یا توسط آنزیمها احیا شود الکل قندها^۱ یا آلدیتولها^۲ به وجود می آیند به این گروه پل آل نیز گفته می شود. این ترکیبات شیرین هستند، اما جذبشان در بدن به آهستگی صورت گرفته و به انسولین نیاز ندارد. پس به عنوان شیرین کننده جهت افراد دیابتی به کار می رود. ترکیباتی غیر احیا کننده هستند و خاصیت ملین دارند.

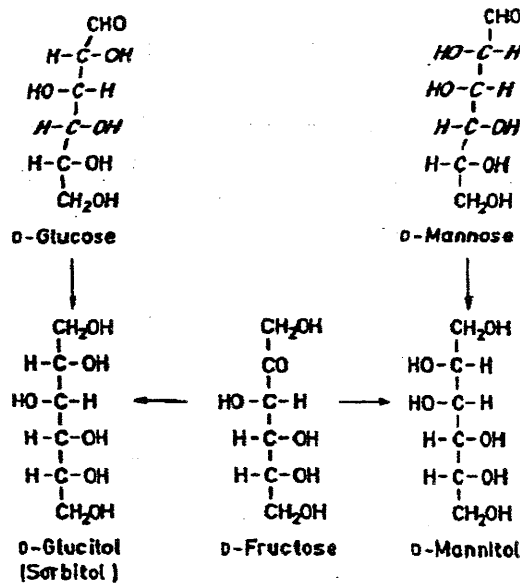
نکته: در نتیجه احیا شدن گلوکز، گلوسیتول^۳ (سوربیتول) به وجود می آید. که فراوان ترین قند الکل است.

- سوربیتول در بعضی از میوهها و به ویژه در گلابی به مقدار زیادی یافت می شود.
- ضمن اتصال با آب سبب کاهش a_w نیز می گردد.
- این ماده توسط مخمرها تخمیر نمی شود
- در مقابل حرارت مقاوم بوده و شربت آن ویسکوزیته نسبتاً کمی داشته و حمل و نقل آسانی دارد.
- توانایی ایفای نقش به عنوان یک چنگالی کننده^۴ را دارد. آلدیتولهای حاصل از برخی قندها به شرح زیر هستند:

الکل قند حاصله	قند
سوربیتول (گلوسیتول)	گلوکز
سوربیتول و مانیتول	فروکتوز
گالاکتیتول (دولسیتول)	گالاکتوز
مانیتول ^۵	مانوز
سوربیتول ^۶	سوربوز
گزلیتول ^۷	گزیلوز (قند چوب)
گلیسرول	دی هیدروکسی استون
گلیسرول	گلیسرآلدئید

نکته: توجه شود که اینوزیتول محصول احیاء قندها نبوده و آلدیتول نیست بلکه یک هگزا هیدروکسی سیکلوهگزان است.

- 1 sugar- alcohols
- 2 Alditol
- 3 Glucitol
4. Chelating Agent
- 5.mannitol
- 6.Sorbitol
- 7.xylitol



شکل ۱۱-۱، واکنش‌های احیای قندهای ساده

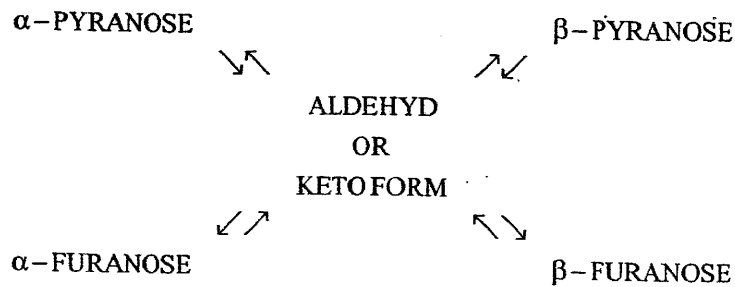
هموتارتاسیون:

هرگاه محلول یک قند احیا کننده تهیه شود، بین اشکال ایزومری آن یعنی α پیرانوز و β فورانوز یک سری تبادلات تعادلی

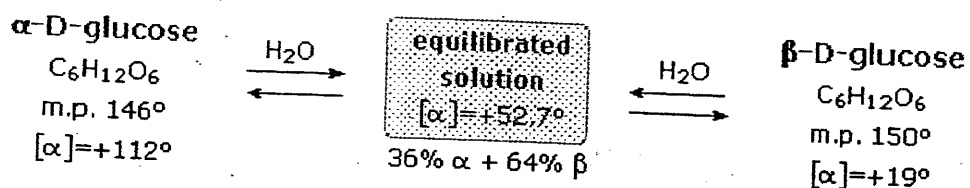
برقرار می‌شود، این موضوع توسط چرخش نسبتاً آهسته‌ی زاویه‌ی پلاریمتر قابل تشخیص است تا پلاریمتر بر روی یک عدد ثابت گردد. این پدیده را موتارتاسیون می‌گویند. که منحصراً در محلول قندهای احیا کننده، یعنی قندهایی که گروه‌های کربونیلی آزاد دارند، رخ می‌دهد.

نکته: موتارتاسیون اولین واکنشی است که هنگام حل شدن قندهای احیا کننده در آب رخ می‌دهد.

قندها در هنگام تبدیل به یکدیگر در هنگام موتارتاسیون باید از فرم فیشر عبور کنند. یعنی تبدیل اشکال به یکدیگر بدون باز شدن حلقه‌ها (پل اکسیژنی) امکان پذیر نیست تا زمانی که این قندها در حال تبدیل به هم می‌باشند کریستالی نمی‌شوند.



تعادل موجود در موتارتاسیون



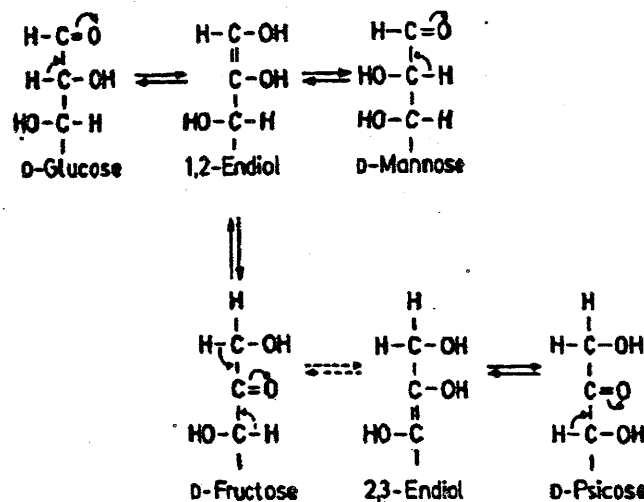
نکته: قندهایی که پس از رسیدن به تعادل، تنها فرم پیرانوزی دارند. مثل گلوکز، مانوز، آلوز و ... دارای موتارتاسیون ساده هستند. در مورد گلوکز و لاکتوز پس از رسیدن به تعادل 64% بتا پیرانوز و 36% آلفا پیرانوز وجود دارد.

نکته: قندهایی که هم اشکال پیرانوزی و هم اشکال فورانوزی دارند دارای موتارتاسیون کامل یا پیچیده هستند. مثل گالاکتوز (که هر 4 فرم ممکن را دارد) و فروکتوز (سه فرم)

- افزودن اسید و قلیا سرعت موتارتاسیون را بیشتر می کند. در این رابطه اثر افزودن یون OH^- (قلیا)، 40 هزار برابر بیش تر از افزودن H^+ (اسید) است.
 - همچنین با افزایش هر $10^\circ C$ ، سرعت این واکنش در حدود 3-1.5 برابر بیشتر می شود.
- نکته: رایج ترین فرم قندها فرم β پیرانوز و کمترین فراوانی مربوط به فرم α فورانوز می باشد.

۶- اثر قلیاها بر روی قندها:

یکی از واکنش‌هایی که روی مونوساکاریدها انجام می‌گیرد، آزمایش مور است. بر اساس این واکنش محلول غلیظ قلیایی مثل سود یا پتاس، رنگ قندهای احیا کننده را ابتدا زرد و سپس سیاه می‌کند. این واکنش مخصوص قندهای احیا کننده است. قلیاها ضعیف مثل هیدروکسید باریم باعث توتومریزاسیون قندها و تبدیل آنها به هم می‌شود. به این ترتیب در نتیجه تأثیر یک ترکیب قلیایی ابتدا یک آن دیول به عنوان ترکیب حد واسط تشکیل می‌شود. آن دیول‌ها ناپایدار بوده و به چندین روش تحت تغییر آرایش مولکولی قرار می‌گیرند که این واکنشها برگشت پذیر هستند پس به این ترتیب قندها قابل تبدیل به همدیگر هستند. مثلاً از اثر قلیایی ضعیف بر گلوکز، فروکتوز و مانوز عمل تبدیل این قندها به هم تا ایجاد یک حالت تعادل و تساوی مقدار آنها در مخلوط ادامه می‌یابد.



شکل ۱۲-۱۱: اثر قلیایی‌های ضعیف بر قندهای ساده

نکته: pH های قلیایی واکنش‌های موتارتاسیون، آنولیزاسیون و تشکیل ساکارینیک اسید را تسریع می‌کنند.

pH های اسیدی واکنش تولید آنهیدریدها و فورالدهیدها را تسریع می‌کنند.

۷- استریفیکاسیون قندها

گروه الکلی قندها همانند تمام گروه‌های الکلی دیگر می‌تواند با اسید واکنش داده و استر تشکیل دهند مهمترین این واکنش‌ها در بدن موجودات زنده فسفریلاسیون قندها می‌باشد که نقش مهمی در متابولیسم و تولید انرژی دارد.

۸- واکنش‌های برگشت قندها

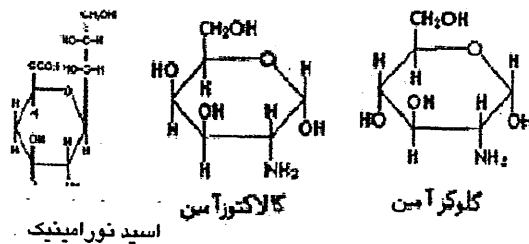
هرگاه محلول غلیظ قندها (مونوساکارید) اسیدی شده و در دمای محیط برای مدت نسبتاً زیادی باقی بمانند، در بین آنها واکنش‌های برگشت ایجاد می‌شود. یعنی مونوساکاریدها به هم پیوسته و دی ساکاریدهای جدید را می‌سازند. عموماً اتصالات ایجاد شده در

دی‌ساکاریدهای برگشتی $\alpha(1 \rightarrow 6), \beta(1 \rightarrow 6)$ است. بدین ترتیب در اثر عمل اسید کلریدریک بر روی گلوکز، دی‌ساکاریدهایی مثل ایزومالتوز، ژنتیوبیوز، سوفروز یا ترهالوز تشکیل می‌شود.

ترکیبات وابسته به قندها

۱- قندهای آمینه^۱

هرگاه گروه هیدروکسیل یکی از کربن‌ها در ساختار یک قند به وسیله‌ی گروه آمین جایگزین شود، قندهای آمینه حاصل می‌شوند. از آن جایی که این قندها اسازن تشکیل نمی‌دهند، بنابراین مشخص است که عامل آمین به کربن مجاور عامل آلدئیدی یعنی کربن شماره ۲ متصل است، مثل گلوکز آمین (کیتوز آمین) که در تخم مرغ و ساختار کیتین^۲ (N-2 استیل گلوکز آمین) یافت می‌شود. گالاکتوز آمین (کندروز آمین) موجود در شیر و اسید نورامینیک (مانوز آمین + اسید پیرویک) هم از انواع قندهای آمینه هستند.

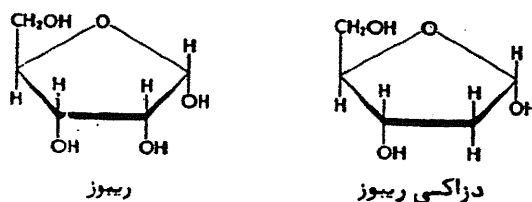


شکل ۱۳-۱: ساختار قندهای آمین دار

۲- داکسی قندها (دزوکسی قند)^۳

هرگاه گروه هیدروکسیل یکی از کربن‌های قند جدا شده و به جای آن یک گروه هیدروژن جایگزین گردد و یا به عبارت دیگر اگر اکسیژن متصل به گروه هیدروکسیل یکی از کربن‌ها جدا شود، داکسی قند تشکیل می‌شود.

- دزوکسی ریبوز در ساختار دزوکسی ریبونوکلیک اسید^۴ (DNA) وجود دارد.
- فوکوز^۵ (6- داکسی گالاکتوز) در ساختار صمغ‌ها حضور دارد.
- رامنوز^۶ (6 داکسی مانوز) در ترکیبات تلخ مثل هسپریدین وجود دارد.



شکل ۱۴-۱: ساختار ریبوز و داکسی ریبوز

1. Amino Sugar
2. Chitin
3. Deoxy Sugars
4. Deoxyribonucleic acid
5. Fucose
6. Rhamnose

۳- گلیکوزیدها^۱

هرگاه هیدروژن گروه هیدروکسیل آنومری قندها جدا شده و به جای آن یک گروه آلکیل (R) یا آریل (Ar) قرار گیرد، ساختار حاصله یک گلیکوزید است یعنی به فرم استال کامل درآمده است.

اتصالات گلیکوزیدی غیراحیاکننده بوده و نسبت به اسیدها و هیدرولیز آنزیمی حساس می‌باشند. اما نسبت به شرایط قلیایی مقاوم هستند، هرگاه گروه R جایگزین شده یک قند باشد، ساختار حاصله یک دی ساکارید است.

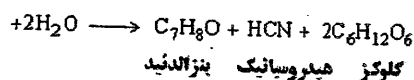
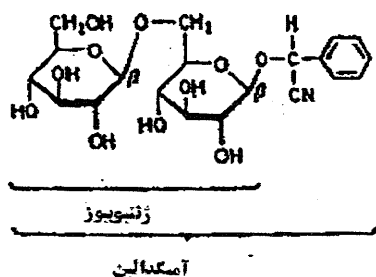
یادآوری: مونوساکاریدها بر خلاف الیگوساکاریدها در مقابل عوامل قلیایی ناپایدار بوده اما در حضور اسیدهای رقیق پایدارند.

- از گلیکوزیدهای مهم می‌توان به آمیگدالین^۲ (عامل تلخی بادام) کروسین (رنگدانه زعفران)، سینگرین^۳ (از اجزاء روغن خدل)، آنتوسیانین‌ها، سولانین (سیب‌زمینی)، هسپریدین و نارنگین اشاره کرد.

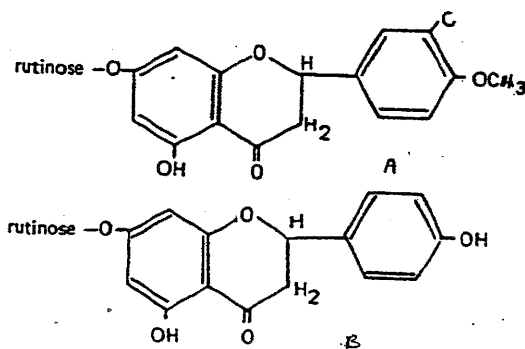
- از آبکافت گلیکوزیدها یک بخش قندی یا گلیکون و یک بخش غیر قندی یا آگلیکون ایجاد می‌شود.

مثلاً در اثر آبکافت سینگرین آلیل ایزوتیوسیانات به عنوان آگلیکون ایجاد می‌شود.

آمیگدالین که یک گلیکوزید سیانوژنیک است و بخش قندی آن رتینوبیوز و بخش غیر قندی آن بنزالدئید و اسید هیدروسیانیک است.

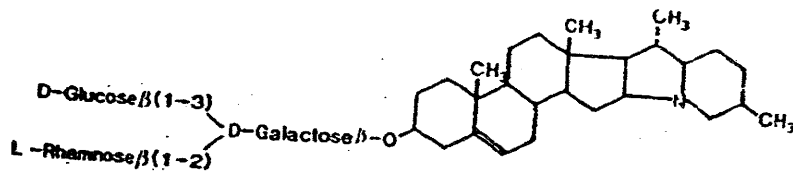


شکل ۱۵- ۱: هیدرولیز آمیگدالین



شکل ۱۶- ۱: ساختار هسپریدین و نارنگین

1. Glycoside
2. Amygdalin
3. Sinigrin



شکل ۱۷-۱: ساختار سولانین

اولیگو ساکاریدها:

واحدهایی متشکل از ۱۰-۲ واحد قندی هستند.

در تشکیل الیگوساکاریدها و پلی ساکاریدها علاوه بر نوع مونوساکارید، نحوه اتصال آنها نیز مهم است.

الف) ساکاروز:

[D-α گلوکو پیرانوزیل (1←2) β-D فروکتوز فورانوزید]

دی ساکارید غیر احیا کننده‌ای است که فراوان‌ترین قند طبیعت می‌باشد. اصلی‌ترین منابع ساکارز ریشه‌ی چغندر قند (17%) و ساقه‌ی نیشکر است.

ساکارز از اتصال گلیکوزیدی بین گروه‌های هیدروکسیل آنومری گلوکز و فروکتوز حاصل می‌شود، یعنی گروه آلدیدی گلوکز به گروه کتونی فروکتوز متصل است. پس قندی غیر احیا کننده بوده و خاصیت موتاروتاسیون ندارد، در واکنش میلارد شرکت نمی‌کند و اسازن‌ها را تشکیل نمی‌دهد.

با توجه به اینکه فروکتوز در ساختمان ساکاروز با ساختار فورانوزی خود شرکت کرده که نسبت به ساختمان پیرانوزی استحکام کم‌تری دارد، اتصال کریبونیل - کریبونیل ساکاروز بسیار سست است و به آسانی توسط اسیدهای رقیق شکسته می‌شود و به این ترتیب ساکاروز به قندهای سازنده هیدرولیز می‌شود (هیدرولیز ساکارز منجر به تشکیل مقادیر مساوی D گلوکز و D فروکتوز می‌گردد). این واکنش یعنی تبدیل ساکاروز به مونوساکاریدهای سازنده‌اش را **انورسیون**^۲ می‌نامند. علت نام‌گذاری این واکنش این است که

مخلوط گلوکز و فروکتوز حاصله از ساکاروز چپ گردان نور پلاریزه است. در حالیکه ساکارز راست گردان است. زاویه چرخش مخصوص ساکارز +66.5°، گلوکز +52° و فروکتوز -92° می‌باشد پس زاویه چرخش قند انورت حدود 20- است که برعکس ساکارز است.

زیرا پس از هیدرولیز شدن ساکاروز و آزاد شدن فروکتوز، این قند سریعاً تبدیل به فرم پیرانوز که فرم پایدارتر آن است، تبدیل خواهد شد. در ساختار قند انورت، گلوکز و فروکتوز هر دو در شکل پیرانوزی هستند.

مزایای قند انورت:

- ۱- شیرین‌تر از ساکاروز است.
- ۲- نگهدارنده‌ی بهتری است، یعنی نسبت به ساکارز a_w را بیش‌تر کاهش می‌دهد.
- ۳- کریستالی نمی‌شود، چون قند انورت احیا کننده است.
- ۴- میلارد بهتر انجام می‌شود، چون قند انورت احیا کننده بوده و دارای خاصیت موتاروتاسیون می‌باشد.

۵. رطوبت را بهتر حفظ می‌کند (فروکتوز نم‌گیرترین قند است).

• ساکاروز مبنای سنجش شیرینی همه‌ی قندهای دیگر است. یعنی شیرینی ساکاروز را برابر واحد (۱ یا ۱۰۰) فرض کرده و سپس شیرینی قندهای دیگر را با آن می‌سنجند.

نکته: فروکتوز شیرین‌ترین قند طبیعی و لاکتوز کم شیرین‌ترین قند طبیعی است.

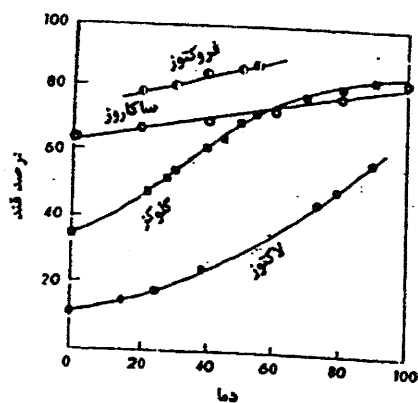
نکته: بین شیرین‌کنندگی و حلالیت قندها رابطه‌ای مستقیم وجود دارد. به این ترتیب فروکتوز شیرین‌ترین و محلول‌ترین قند و لاکتوز کم شیرین‌ترین و کم محلول‌ترین قند است.

• از سوی دیگر بین شیرینی و کریستالیزاسیون قندها رابطه‌ای عکس وجود دارد.

نکته: فروکتوز کم‌ترین قابلیت کریستالیزاسیون و لاکتوز بیش‌ترین قابلیت کریستالیزاسیون را دارد.

ساکارز در گستره دمایی گسترده‌ای محلول است. این ویژگی باعث می‌شود که ساکارز یک جزء عالی برای شربت‌ها و سایر مواد غذایی قنددار باشد.

نکته: در دمای بالاتر از 60°C حلالیت گلوکز از ساکاروز بیش‌تر می‌شود.



یکی از ویژگی‌های مهم ساکارز توانایی واکنش با کلسیم می‌باشد که در طی فرایند قندگیری از ملاس با استفاده از همین ویژگی به ملاس رقیق شده و سرد، پودر آهک افزوده و ترکیب نامحلولی به نام تری ساکارات کلسیم ایجاد می‌کنند پس این ترکیب به مسیر تصفیه بازگردانده شده و ضمن واکنش با دی اکسید کربن ساکارز آزاد می‌شود.

ب) لاکتوز:

[Dβ] - گالاکتوپیرانوزیل (1 ← 4) D گلوکو پیرانوزا

لاکتوز دی‌ساکارید احیا کننده‌ای است که فراوان‌ترین ماده خشک شیر است. به طور انحصاری در شیر وجود دارد و در نتیجه تخمیر آن، اسیدلاکتیک ایجاد می‌شود که در فرآورده‌های تخمیری شیر بسیار مهم است. در شیر گاو به طور متوسط 4.8% وجود دارد (لاکتوز کم‌ترین نوسان را بین ترکیبات شیر دارد و بین میزان لاکتوز و املاح شیر رابطه عکس وجود دارد).

برخی افراد به سبب عدم وجود یا کمبود آنزیم لاکتاز^۱ (DB گالاکتوزیداز) قادر به هیدرولیز لاکتوز نبوده و به همین علت مصرف این فرآورده در آنها ایجاد نفخ می‌کند. این افراد باید شیرهای کم لاکتوز که لاکتوز آنها هیدرولیز شده یا فرآورده‌های لبنی تخمیری استفاده کنند.

نکته: لاکتوز علاوه بر آنزیم لاکتاز توسط محلول‌های رقیق اسیدهای قوی (معدنی) هیدرولیز می‌شود. اما اسید آلی مثل اسیدسیتریک که به سادگی ساکارز را هیدرولیز می‌کند، قادر به هیدرولیز لاکتوز نخواهد بود و همین موضوع وجه مشخصه این دو قند در محلول‌هاست و یا به عبارتی جهت تعیین مقدار این دو قند در مخلوط‌ها از آن استفاده می‌شود.

نکته: هیدرولیز لاکتوز سبب ایجاد مقادیر مساوی D گلوکوپیرانوز و D گالاکتوپیرانوز خواهد شد.

• در ساختار لاکتوز، گالاکتوز همواره با ساختمان β شرکت می‌کند. اما گلوکز می‌تواند به فرم α یا β باشد، به این صورت اگر گلوکز شرکت کننده از نوع α باشد، لاکتوز حاصله را α و اگر گلوکز β باشد، لاکتوز حاصله β می‌باشد.

• لاکتوز β حلالیت بیشتری از فرم α دارد. به همین علت قابلیت کریستالیزاسیون آن کم‌تر از لاکتوز α است. همین موضوع سبب می‌شود که در محلول‌ها لاکتوز α سریع‌تر کریستالی شود. به همین جهت تعادل بین این دو برهم خورده و مجدداً جهت جبران این تعادل لاکتوز β بیشتری به α تبدیل خواهد شد این حالت تا جایی ادامه پیدا می‌کند که تمام لاکتوز β به لاکتوز α تبدیل شود.

• فرم β لاکتوز به میزان کمی شیرین‌تر از فرم α است. اما به سبب وجود پدیده موتاروتاسیون و تبدیل این اشکال به هم این مزیت به سرعت از بین می‌رود.

• هم‌چنین زاویه چرخش نوری فرم β کم‌تر از فرم α است.

• لاکتوز به دو فرم کریستالی اصلی وجود دارد که شامل α مونوهیدرات و β آنهیدرید می‌باشد.

فرم کریستالی α از محلول فوق اشباع لاکتوز در دمای کم‌تر از 93.5°C (به عنوان دمای بحرانی لاکتوز) به وجود می‌آید.

• فرم α رایج‌ترین فرم کریستالی لاکتوز است که سایر اشکال به آن تبدیل می‌شوند. هم‌چنین این فرم پایدارترین فرم کریستالی لاکتوز نیز می‌باشد.

• فرم کریستالی β آنهیدرید از محلول فوق اشباع لاکتوز در دمای بالاتر از 93.5°C ایجاد می‌شود.

چنانچه شیر سریع خشک شود، آن‌گاه کریستال‌های لاکتوز حاصله از نوع بی‌شکل یا آمورف (γ) می‌باشد. لاکتوز آمورف دارای لاکتوز α و β به همان نسبت‌های اولیه است. (64% لاکتوز β و 36% لاکتوز α) این شکل به شدت جاذب الرطوبه^۲ است و با جذب 8% رطوبت به کریستال α تبدیل می‌شود.

کریستال‌های α به صورت درشت و خشن به شکل منشوری یا تیرزینی هستند. شکل تیرزینی شکل پایه می‌باشد و سایر اشکال در اثر سرعت‌های رشد نسبی متفاوت از آن مشتق می‌شوند. وجود مقادیر زیادی از این فرم در محصولی مثل بستنی یا شیر تغلیظ شده شیرین سبب ایجاد پدیده شنی شدن^۳ خواهد شد. جهت برطرف کردن این موارد می‌توان از آنزیم لاکتاز استفاده کرد و نیز جهت جلوگیری از وقوع چنین حالتی از فرآیند نطفه‌دار کردن^۴ (دانه‌گذاری) استفاده می‌کنند.

وقتی شیر به نسبت 3 به 1 غلیظ می‌شود، غلظت لاکتوز به حد نهایی انحلال خود می‌رسد. وقتی چنین محلولی سرد می‌شود یا به آن شکر اضافه می‌کنند، بلورهای α مونوهیدرات درشت تشکیل خواهد شد. در چنین حالتی نیز جهت ممانعت از این عمل اولاً باید

1. Lactase
2. Hygroscopic
3. Sandiness
4. seeding

سرعت سرد کردن کاملاً کنترل شده باشد و ثانیاً از عمل دانه‌گذاری استفاده می‌شود، یعنی مقدار زیاد بلور ریز لاکتوز به آن اضافه می‌شود تا تعداد خیلی زیادی بلور ریز تشکیل شود.

امروزه لاکتوز از آب پنیر به دست می‌آید. جهت این امر آب پنیر با آهک ترکیب شده، حرارت می‌بیند تا پروتئین‌ها و فسفات کلسیم آن رسوب کنند. محلول حاصل صاف شده و تغلیظ می‌شود تا باقی مانده پروتئین‌ها نیز دناتوره شده و رسوب کند. محصول غلیظ شده و کریستالیزه می‌شود.

نکته: در شیر انسان علاوه بر لاکتوز مقادیر یک گرم در لیتر الیگوساکاریدهایی که با عنوان عوامل بیفیدوسی نامیده می‌شود، وجود دارند که این ترکیبات اثر مثبتی روی فلور میکروبی روده دارند از اختلافات عمده شیر مادر و شیر آداپته^۱ (شیر خشک نوزاد با فرمول مشابه شده با شیر مادر) وجود همین عوامل بیفیدوسی است.

نکته: وجود ترکیباتی مثل ویتامین B₂ (ریبوفلاوین) در شیر مانع از کریستالیزاسیون لاکتوز در شرایط عادی می‌گردد البته مقدار لازم برای این کار خیلی بیشتر از حد موجود در شیر است و علت اصلی کریستال نشدن لاکتوز شیر در حالت عادی، وجود مقادیر بسیار زیادی آب است.

ج) مالتوز:

$D\alpha(1 \rightarrow 4)$ گلوکوپیرانوزیل،

قندی احیا کننده است که از آبکافت (هیدرولیز) نشاسته یا گلیکوژن توسط دیاستاز (β, α آمیلاز) به وجود می‌آید مخصوصاً β آمیلاز اثر زیادی در ایجاد مالتوز دارد.

- این قند طعم خاص مالت را دارد و به عنوان خوراک مخمرها می‌تواند مصرف شود.

نکته: در طبیعت، سه دی ساکارید آزاد وجود دارند: ساکاروز - لاکتوز - تره‌هالوز

د) تره‌هالوز:

$D\alpha(1 \rightarrow 1)$ گلوکوپیرانوزیل

- کربوهیدرات غیر احیاء کننده موجود در همولنف حشرات است. در ساختار قارچ‌ها هم وجود دارد. انسان آنزیم تجزیه کننده آن یعنی تره‌هالاز را ندارد.

ه) ایزومالتوز:

$\alpha(1 \rightarrow 6)$ گلوکز

- قندی احیا کننده است که از هیدرولیز آمیلوپکتین یا گلیکوژن به وجود می‌آید.

و) لاکتولوز:

$\beta(1 \rightarrow 4)$ گالاکتوز

- قند کتونونی و احیا کننده است که در صورت جانشین شدن فروکتوز به جای گلوکز در ساختار لاکتوز ایجاد می‌شود.

ز) سلوبیوز:

[گلوکز (4 → 1) β گلوکز]

- قند احیا کننده که واحد ساختاری سازنده سلولز است.

ح) ژنتیوبیوز:

[گلوکز (6 → 1) β گلوکز]

- قند احیا کننده‌ای است که در ساختار گلیکوزیدهای زیادی مثل آمیگدالین یا کروسین (رنگدانه زعفران) وجود دارد.
- هردو ایزومری α, β آن تلخ است.

ط) سوفوروز:

[گلوکز (2 → 1) β گلوکز]

- دی‌ساکاریدی است که در ساختار شیرین کننده غیر مغذی به نام استویا وجود دارد این شیرین کننده 250-300 برابر از ساکاروز شیرین تر است.
- (استویا = سوفوروز + استرول) استویا یک گلیکوزید است که دارای دو پیوند گلیکوزیدی است.

ی) ملی بیوز:

[گلوکز (6 → 1) α گالاکتوز]

ک) روتنیوز:

[D گلوکز (6 → 1) α رامنوپیرانوزیل D (6 ← 1) گلوکوپیرانوز]

- در ساختار ترکیبات تلخ مزه، مثل هسپریدین و نارنگین شرکت دارد.

ل) رافینوز:

[افروکتوز (2 → 1) گلوکز (6 → 1) گالاکتوز]

- تری ساکارید غیر احیا کننده‌ای است که در چغندر قند وجود دارد، اما در نیشکر وجود ندارد.
- ترکیبی به شدت ملاسزا است، هر چه میزان اولیه آن پایین تر باشد در تکنولوژی قند بهتر، ارزیابی می‌شود.
- به سبب داشتن چرخش نوری بالا (1.85 برابر ساکاروز) به عنوان قند کاذب شناخته می‌شود. یعنی موجب اشتباه در اندازه‌گیری ساکاروز در پلاریمتر می‌شود.

م) استاکیوز:

[رافینوز (6 → 1) گالاکتوز]

- تتراساکارید غیر احیا کننده‌ای که در نخودفرنگی زیاد است.
- عدم وجود آنزیم‌های تجزیه کننده رافینوز و استاکیوز سبب می‌شود این ترکیبات در بدن جذب نشوند و در روده بزرگ توسط میکروپها تخمیر شده و ضمن تولید گاز حالت نفخ ایجاد کنند این امر مشکلی در جهت مصرف حبوبات است.

نکته: در هنگام تولید کنسروی مثل لوبیا در مرحله‌ای تحت عنوان **Steeping** این محصولات در آب خیس می‌خورند و به مرور زمان این ترکیبات از فرآورده خارج می‌شوند این عملیات **Decortication** نام دارد.

(ن) مانینوتریوز:

اگلوکز (4 → 1) α گالاکتوز (6 → 1) α [گالاکتوز]

تری ساکارید احیا کننده‌ای است که در اثر جداسدن فروکتوز از مولکول استاکیوز حاصل می‌شود.

(ف) ورباسکوز:

استاکیوز (6 → 1) [گالاکتوز]

• پنتا ساکاریدی غیر احیا کننده است.

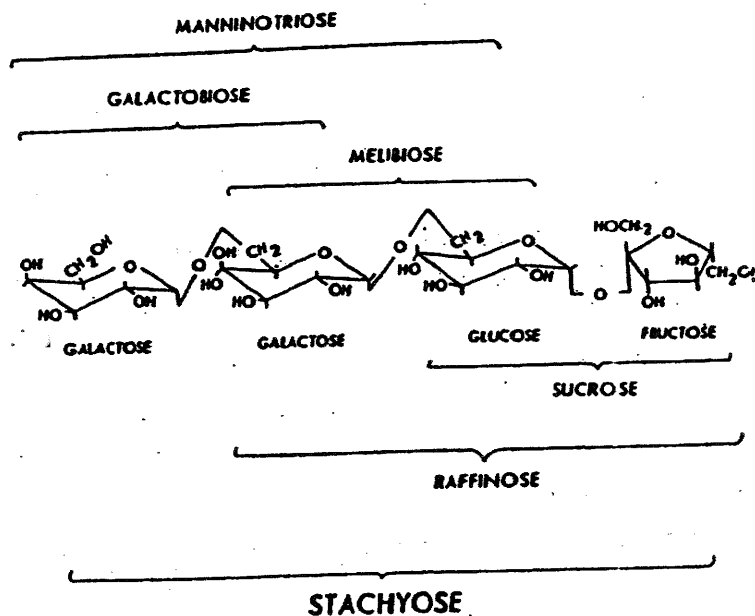
(ر) آجوگوز:

اورباسکوز (6 → 1) [گالاکتوز]

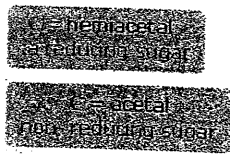
• هگزا ساکاریدی غیر احیا کننده است.

(س) ملی زیتوز:

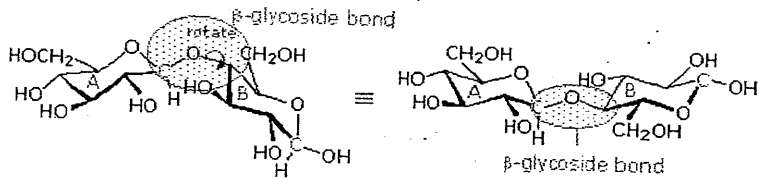
تری ساکاریدی است که در عسل و شیر گیاهان یافت می‌شود.



شکل ۱۸-۱: ساختار برخی از الیگوساکاریدها



Cellobiose
two glucose units
joined C1 to C4
as a β -glycoside



Maltose
two glucose units
joined C1 to C4
as an α -glycoside

Gentiobiose
two glucose units
joined C1 to C6
as a β -glycoside

Trehalose
two glucose units
joined C1 to C1
as two α -glycosides

فرآیند کریستالیزاسیون!

این فرآیند اساس تولید تجاری قندها است. کریستالیزاسیون در برخی فرآورده‌ها مثل تولید شکر امری کاملاً مطلوب است، اما گاهی در تولید فرآورده‌هایی مثل بستنی یا شیز تغلیظ شده یا مربا نامناسب است. به طور کلی کریستالیزاسیون فرآیندی در راستای خالص‌تر شدن یک ماده است یعنی در حین کریستالیزاسیون مواد ناخالصی‌ها را از خود خارج می‌کنند.

نکته: فوق اشباعیت، دما و میزان ناخالصی‌ها از عوامل موثر بر سرعت کریستالیزاسیون هستند.

- هر قدر محلول یک قند خالص‌تر باشد، آسان‌تر کریستاله می‌شود. به همین علت قندهای احیا کننده به سبب وجود ایزومرهای مختلف به وجود آمده از پدیده موتاروتاسیون به نوعی ناخالص شده و در نتیجه دیرتر کریستاله می‌شوند.
- سیستم دارای چند قند مختلف نسبت به سیستم دارای یک قند دیرتر کریستاله می‌شود. ناخالصی‌ها به دو علت از کریستالیزاسیون جلوگیری می‌کنند.

۱- مخلوطی از ناخالصی‌ها سبب افزایش ویسکوزیته محیط شده و سرعت انتقال مولکول‌ها به سطح بلور را کاهش می‌دهند.

۲- ناخالصی‌ها با جذب بر روی سطح بلور سبب کاهش سرعت به هم پیوستگی مولکول می‌شوند.

نکته: در ساکاروز مهم‌ترین عامل ایجاد کننده کریستال پیوندهای هیدروژنی بین گروه‌های هیدروکسیل فروکتوزها با هم است. وجود 43% قند انورت از کریستاله شدن ساکاروز جلوگیری می‌کند.

پلی ساکاریدها:

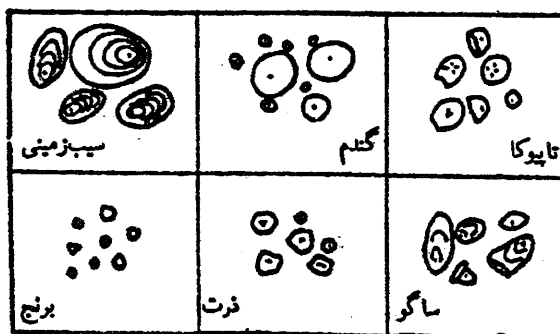
واحدهایی با بیش از ۱۰ مونوساکارید می‌باشند که به دو صورت خطی یا شاخه‌دار می‌باشند که هرگاه مونوساکاریدهای درونی یک پلی ساکارید دارای دو پیوند گلیکوزیدی باشند پلیمر خطی و اگر دارای سه پیوند گلیکوزیدی باشند پلیمر شاخه‌دار (منشعب) می‌باشد.

هموپلی ساکاریدها: نشاسته - سلولز - گلیکوژن

هتروپلی ساکاریدها^۱: صمغ - پکتین - همی سلولز - پنتوزان

الف) نشاسته

هموپلی ساکاریدی است که کربوهیدرات ذخیره‌ای گیاهی بوده و از واحدهای متوالی گلوکز تشکیل می‌شود. نشاسته در گیاهان به صورت کمپلکس‌هایی تحت عنوان، دانک یا گرانول متمرکز شده است. شکل و ابعاد این گرانول‌ها^۲ در هر محصولی منحصر به خود آن محصول است.



شکل ۱۹-۱: ظاهر گرانول‌های مشاهده شده در زیر میکروسکوپ

گرانول سیبزمینی بزرگ‌ترین ابعاد را داشته و بیضوی شکل است در حالی که برنج ریزترین گرانول‌ها را دارد و گرانول‌های آن چندوجهی می‌باشد.

- گرانول نشاسته فرمی بلوری یا کریستالی دارد. که از لایه‌های هم مرکز تشکیل شده است، این لایه‌ها در اطراف یک حلقه مرکزی تحت عنوان ناف نشاسته یا هیلام^۳ شکل می‌گیرند، این لایه‌ها را حلقه‌های رشد نشاسته هم نامند.
- گرانول‌های نشاسته در زیر میکروسکوپ پلاریزه دارای خاصیت انکسار مضاعف می‌باشند، یعنی در محیط تیره، روشن دیده می‌شود.

این امر بیان‌گر کریستالی بودن مولکول نشاسته و وجود یک ساختمان جهت‌دار منظم با حالت کریستالی در آن می‌باشد. در همه نشاسته‌ها مقداری فسفر به شکل گلوکز^۴ فسفات وجود دارند. مقدار کمی نیز ترکیبات غیر کربوهیدراته مثل چربی هم در ساختمان نشاسته وجود دارد.

- مهم‌ترین منبع نشاسته جهان، ذرت است. سیبزمینی، گندم، برنج، کاساوا (نشاسته‌ای تحت عنوان تاپوکا^۴ تولید می‌کند) و ذرت مومی (نشاسته‌ای تحت عنوان آمیوکا تولید می‌کند) سایر منابع تولید نشاسته هستند.

مولکول نشاسته خود از دو مولکول کوچکتر تشکیل شده که عبارتند از: آمیلوز و آمیلوپکتین.

آمیروز^۱:

بخش خطی اما غیر مستقیم نشاسته است که از اتصالات $\alpha(1 \rightarrow 4)$ گلوکز تشکیل شده و از لحاظ وزنی معمولاً بخش کوچکتر نشاسته را تشکیل می‌دهد. به طوری که عموماً ۱۷ تا ۳۰ درصد وزن نشاسته از آمیروز است. معمولاً حدود ۵۰۰ تا ۶۰۰ واحد گلوکز به هم متصل شده و آمیروز را تشکیل می‌دهند.

- بدین ترتیب آمیروز زنجیره‌ای غیراحیاکننده است، که دارای یک سر احیاکننده می‌باشد.

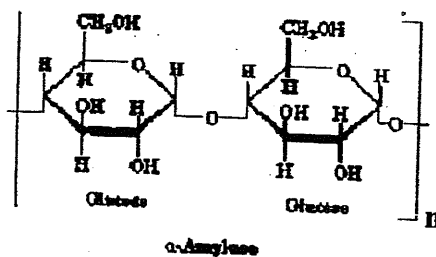
آمیلوپکتین^۲:

بخشی است که از لحاظ وزنی عموماً حداقل ۷۰ درصد وزن نشاسته را تشکیل داده و دارای ساختار منشعب می‌باشد. در ساختار آمیلوپکتین به ازاء هر ۸-۷ واحد گلوکز در زنجیره‌ی خطی یک بخش انشعابی با طول ۲۰ تا ۳۰ واحد گلوکز وجود دارد.

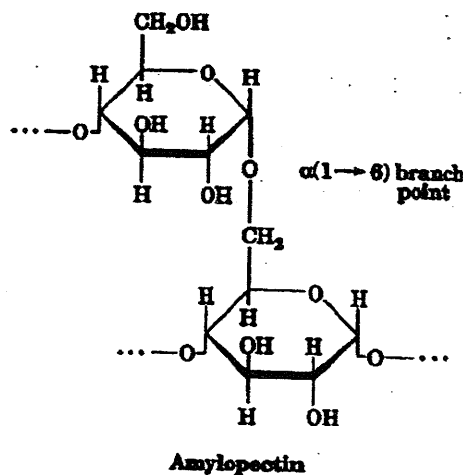
- در هر دو زنجیره اتصالات از نوع $\alpha(1 \rightarrow 4)$ است. تنها در محل اتصال زنجیره‌ی جانبی به زنجیره‌ی خطی اتصالات از نوع $\alpha(1 \rightarrow 6)$ خواهد بود.

این مولکول از سه نوع زنجیر تشکیل شده است:

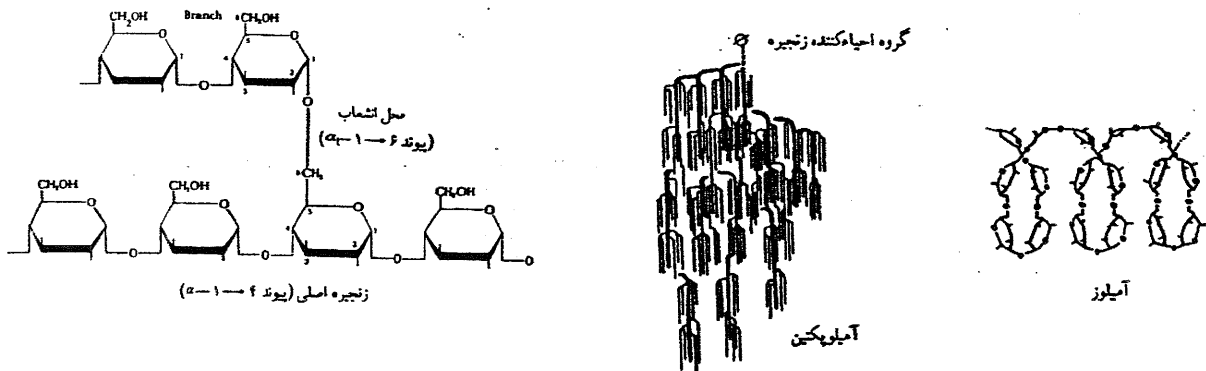
- زنجیره A که هیچ استخلاف و جایگزینی ندارد.
- زنجیره B که زنجیره‌های دیگر متصل به گروه هیدروکسیل اولیه را حمل می‌کند.
- زنجیره C که یک واحد گلوکز احیاء کننده دارد.



شکل ۲۰-۱: ساختمان α -آمیروز



شکل ۲۱-۱: ساختمان آمیلوپکتین



شکل ۲۲-۱: ساختار ظاهری آمیلوز و آمیلوپکتین

- تشکیل رنگ آبی در نتیجه عمل ید بر روی نشاسته منحصر به بخش آمیلوزی آن است. در حالی که آمیلوپکتین با ید، رنگ قرمز می‌دهد.
 - آمیلوز این توانایی را دارد که به دور هر ماده آلی قطبی که قدری در آب حل می‌شود، زنجیره تشکیل داده و به این ترتیب رسوب کند. مثلاً از همین خاصیت جهت جداسازی آمیلوز نشاسته از آمیلوپکتین استفاده می‌شود. به این ترتیب که به خمیر داغ نشاسته الکل آمیلیک، بوتانل و یا اسیدهای چرب اضافه می‌کنند و سپس سیستم را سرد می‌کنند. در این حالت آمیلوز به دور این ترکیبات، ماریج تشکیل داده و رسوب می‌کند. در مورد ید هم همین وضعیت وجود دارد.
- نکته: هر کدام از این ماریج‌ها حاوی 6 واحد گلوکز هستند جهت تشکیل رنگ آبی پایدار به 54 واحد گلوکز یعنی 9 ماریج نیاز است.

نام ساختار	تعداد گلوکز در زنجیره	رنگ تشکیل شده با ید
آکرو دکسترین	کمتر از 12	بی‌رنگ
مالتو دکسترین	12 - 15	قهوه‌ای
اریترو دکسترین	20 - 30	قرمز
دکسترین	35 - 40	ارغوانی
دکسترین	بیشتر از 45	آبی

- اختلاف نشاسته‌ها با هم در درجه‌ی پلیمری شدن آمیلوز و درجه‌ی شاخه‌ای شدن آمیلوپکتین و نیز اندازه‌ی نسبی بخش آمیلوز و آمیلوپکتین می‌باشد.

بر مبنای نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین نشاسته‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- ۱- نشاسته‌های آمیلوز بالا (بیش از 75 درصد آمیلوز دارند) مانند نشاسته‌ی نخودفرنگی، این گروه با ید، رنگ آبی تشکیل می‌دهند.
- ۲- نشاسته‌های آمیلوز متوسط (بین 17 تا 30 درصد آمیلوز دارند) مانند گندم، ذرت، برنج و سیب‌زمینی، این گروه با ید، رنگ ارغوانی می‌دهند.
- ۳- نشاسته‌های آمیلوز پایین (نشاسته مومی) نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین آن‌ها تقریباً صفر به 100 است، این گروه با ید، قرمز رنگ می‌شوند.

ژلاتیناسیون^۱ نشاسته

نشاسته در آب سرد نامحلول است. اما می‌تواند حدود 10 تا 17 درصد رطوبت جذب کند و بدین ترتیب متورم گردد. اما این تورم کاملاً برگشت پذیر است. یعنی ساختار گرانولی نشاسته در این حالت سالم باقی می‌ماند.
 نکته: عموماً آمیلوز را محلول در آب می‌دانند. در حالی که آمیلوپکتین بیش‌تر یک دیسپرسیون کلونیدی در آب ایجاد می‌کند که از نوع سول^۲ می‌باشد.

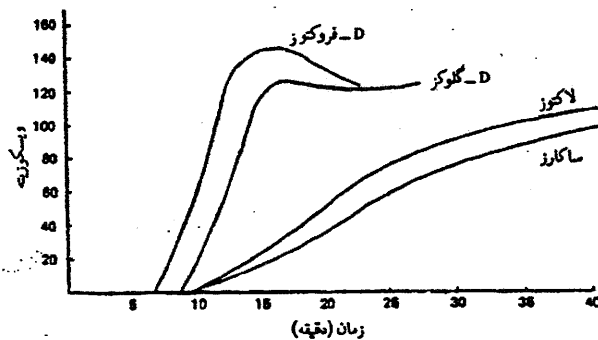
• هرگاه به محلول نشاسته حرارت داده شود، در یک دمای معین انرژی جنبشی آب در اثر حرارت به حدی خواهد رسید که قادر خواهد بود پیوندهای هیدروژنی گرانول‌ها را بشکند و به درون گرانول‌ها نفوذ نماید. بدین ترتیب در این دمای خاص ساختار شعاعی گرانول‌ها از بین می‌رود و باعث می‌شود اصطلاحاً نشاسته ژلاتینه شود. به این دمای خاص دمای ژلاتیناسیون می‌گویند.

وقایع ژلاتیناسیون به صورت زیر می‌باشد:

- ۱- از دست رفتن خاصیت انکسار مضاعف نور به سبب تورم نشاسته که بیانگر نابودی ساختار کریستالی آن است.
- ۲- افزایش شفافیت
- ۳- افزایش ویسکوزیته
- ۴- نشت کردن مولکول‌های آمیلوزی به فضای بین گرانول‌ها

عوامل مؤثر بر دمای ژلاتیناسیون

- ۱- ابعاد گرانول‌ها: هرچه ابعاد گرانول‌ها بزرگ‌تر شود، دمای ژلاتیناسیون پایین‌تر می‌رود. برنج بالاترین دما و سیب‌زمینی کم‌ترین دمای ژلاتیناسیون را دارد.
- ۲- میزان آمیلوز نشاسته: رابطه مستقیم با دمای ژلاتیناسیون دارد. دمای ژلاتینه شدن نشاسته ذرت معمولی 95°C ، ذرت مومی 65°C و نشاسته نخودفرنگی 160°C می‌باشد.
- ۳- قندها: در غلظت بالای خود سبب افزایش دمای ژلاتیناسیون می‌گردند. ضمن این‌که حداکثر ویسکوزیته قابل حصول را کاهش می‌دهند، زیرا یک حالت پلاستیسیته (شکل‌پذیری) ایجاد نموده و در نتیجه سبب تضعیف ژل می‌گردد. در این رابطه دی‌ساکاریدها مؤثرتر از مونوساکاریدها هستند.



شکل ۲۳-۱: اثر قندهای مختلف روی ایجاد ویسکوزیته در طول ژلاتینی شدن نشاسته (محیط حاوی ۷.۵٪ نشاسته ذرت، درجه حرارت 100°C)

۴- **لیپیدها:** لیپیدها از طریق واکنش با آمیلوز سبب جلوگیری از نشت آمیلوز به فضای بین گرانولی می‌شوند.

۵- **PH:** در محدوده بین 4 تا 7 که PH اکثر مواد غذایی می‌باشد، تغییرات PH تأثیری بر روی دمای ژلاتیناسیون ندارد.

رتروگراداسیون^۱ و بیاتی^۲:

هنگامی که خمیر داغ نشاسته خیلی سریع سرد شود، ژل تشکیل می‌شود. اما اگر سرعت سرد کردن آهسته باشد، مولکول‌های آمیلوزی که از گرانول‌های متورم شده به بیرون نشت کرده‌اند. به علت ساختار خطی و ممانعت فضایی کمی که دارند به آهستگی به هم نزدیک شده و بین آن‌ها پیوندهای هیدروژنی برقرار می‌شود. این امر تحت عنوان رتروگراداسیون (برگشت به عقب) نامیده می‌شود. به عبارت دیگر در این حالت نشاسته دچار کریستالیزاسیون مجدد می‌گردد.

نکته: در اثر رتروگراداسیون حلالیت نشاسته کاهش، ویسکوزیته آن افزایش و اثر آنزیم‌های آمیلازی بر روی آن کاهش می‌یابد.

سرعت رتروگراداسیون در دمای 4°C در بالاترین حد می‌باشد. همچنین سرعت این فرآیند به طول زنجیره‌ی آمیلوزی بستگی دارد.

- نشاسته‌ی سیب‌زمینی با 2 هزار واحد گلوکز در بخش خطی بسیار کند، رتروگرید می‌گردد.
- نشاسته‌ی ذرت و گندم با حدود 400 واحد گلوکز در بخش خطی بسیار سریع، رتروگرید می‌شود.
- هرگاه بخش آمیلوزی هیدرولیز شده و طولش به حدود 20 تا 30 واحد گلوکز برسد، عملاً تمایل به رتروگراداسیون از بین می‌رود.

زنجیره‌های آمیلوپکتینی به سبب اتصالات جانبی خیلی زیادی که دارند سرعت رتروگراداسیون کندی خواهند داشت. به همین علت نشاسته‌ی مومی بسیار دیر، رتروگرید می‌شود.

بیاتی را به طور کلی فرآیندی دو مرحله‌ای می‌دانند: در طی چند ساعت اول خروج نان از فر آمیلوزهای نشت کرده به فضای بین گرانولی، به آهستگی به هم نزدیک شده و رتروگرید می‌شوند (پیوند هیدروژنی بین آن‌ها به وجود می‌آید). بدین ترتیب به نان ساختاری ارتجاعی می‌دهند. یعنی اگر آن را فشار دهند مجدداً ساختار خود را به دست می‌آورد.

فرآیند پیش رفتن بیاتی، رتروگراداسیون آمیلوپکتین است. به این ترتیب که بخشی از ساختار آمیلوپکتین در طول مدت زمان نگهداری نان به آرامی به هم نزدیک شده و بین آن‌ها پیوندهای هیدروژنی برقرار می‌شود.

مغز نان بیات شده اندکی سفیدتر به نظر می‌رسد به این دلیل که مولکول‌های آب آزاد شده در اثر تشکیل پیوندهای هیدروژنی از مغز نان به پوسته مهاجرت می‌کنند و این حالت سبب می‌شود نان حالتی لاستیکی به خود بگیرد.

البته اتصالات بین آمیلوپکتین‌ها کم‌تر از اتصالات بین آمیلوزها است. پس می‌توان با اعمال حرارت بالاتر از 55°C بخشی از این پیوندها را نابود نموده و بدین ترتیب نان بیات شده، قسمتی از ساختار از دست زفته خود را بازیابی می‌کند.

نکته: بیاتی در نتیجه از دست دادن رطوبت نان ایجاد نمی‌شود، بلکه در اثر بیات شدن، قسمتی از رطوبت نان خارج می‌شود.

روش های جلوگیری از بیاتی:

- ۱- نگهداری نان در دمای پایین تر از 18°C (بهترین روش)
 - ۲- نگهداری نان در دمای بالاتر از 55°C
 - ۳- افزودن لیپیدهای قطبی مثل فسفولیپیدها و یا اسیدهای چرب و یا امولسیفایرهایی مانند مونوگلیسریدها؛ زیرا این ترکیبات با آمیلوز نشت کرده به فضای بین گرانولی، کمپلکسی نامحلول می دهند و به این ترتیب جلوی بیاتی را می گیرند.
 - ۴- تولید نان بسیار خشک، حذف آب مانع از حرکت آمیلوزها و آمیلوپکتین ها و کنار هم قرار گرفتن آنها و در نتیجه ممانعت از بیاتی می شود. هرگاه محلول نشاسته غلیظ بوده و یا سرعت سرد کردن آن بالا باشد، زمانی برای موازی شدن زنجیره های آمیلوزی در کنار هم و رتروگرید شدن وجود ندارد پس ژل تشکیل می شود.
- نکته: اما اگر مخلوط رقیق بوده و یا سرعت سرد کردن آهسته باشد، در این صورت نشاسته رتروگرید می گردد.

تهیه ی شربت ذرت یا گلوکز مایع^۱

شربت ذرت یا گلوکز مایع محصولی است با مزه شیرین و ویسکوز که به وسیله ی هیدرولیز نشاسته با روش های اسیدی، آنزیمی، اسید - آنزیم و آنزیم - آنزیم (آنزیم های دوگانه) تهیه می شود.

$$0 \leq D \cdot E \leq 100$$

میزان پیشرفت واکنش یا درجه ی دپلمریزاسیون^۲ را به صورت دکستروز اکی والان^۳ (DE) نمایش می دهند.

نکته: $D \cdot E \uparrow$ ، شیرینی \uparrow ، ویسکوزیته \downarrow ، نقطه ی جوش \uparrow ، نقطه ی انجماد \downarrow ، $a_w \downarrow$ ، فشار اسمزی \uparrow ، قابلیت تخمیر پذیری \uparrow

D.E یا معادل دکستروز عبارت است از:

میزان کل قند احیا کننده به شکل دکستروز (D- گلوکز) که برحسب درصد کل ماده جامد محاسبه می شود.

روش های هیدرولیز نشاسته:

- ۱- هیدرولیز اسیدی نشاسته
 - ۲- هیدرولیز آنزیمی نشاسته
 - ۳- هیدرولیز اسید- آنزیم نشاسته
 - ۴- هیدرولیز آنزیم- آنزیم نشاسته
- روش هیدرولیز نشاسته

۱. هیدرولیز اسیدی نشاسته:

ساده ترین روش هیدرولیز نشاسته است که در کنورتور^۴ انجام می شود. جهت انجام این واکنش بر روی محلول 35% تا 40% نشاسته، اسید کلریدریک ریخته و حرارت می دهند اضافه کردن اسید تا خدی است که pH به حدود 2 برسد.

1 Corn syrop
2 Depolymerization
3 Dextrose Equivalent
4. Convertor

در اثر حرارت دادن، نشاسته ابتدا ژلاتینه شده و سپس پلیمرزدایی می‌گردد. در انتها اسید اضافی توسط کربنات سدیم خنثی شده و pH به حدود 4 تا 5 می‌رسد، محصول را سانتریفوژ نموده و توسط ذغال فعال رنگبری و بوبری می‌کنند و در نهایت در خلاء تغلیظ می‌نمایند.

- هیدرولیز اسیدی در عمل فقط تا رسیدن به $DE = 55$ انجام می‌شود. زیرا بالاتر از این میزان شربت تلخ و تیره می‌شود به این دلیل که بالاتر از این میزان قندهای آزاد حاصله، خود تجزیه می‌شوند.
- در روش هیدرولیز اسیدی رابطه نسبتاً مستقیمی بین DE و ترکیب شربت وجود دارد.
- گلوکز مایع خواصی شبیه به قند انورت دارد. یعنی نم‌گیر است و سرعت کریستالیزاسیون را کاهش می‌دهد. همچنین ماهیتی صمغی دارد که در طی جوشیدن نیز پایدار می‌ماند و در محصول حالتی کشی ایجاد می‌کند.
- نکته: شربت ذرتی با DE برابر 55 متوسط وزن مولکولی ساکارز را دارد و تقریباً همان فشار اسمزی را القاء می‌کند.

۲. هیدرولیز آنزیمی:

آنزیم‌های تجزیه‌کننده نشاسته آمیلازها^۱ می‌باشند که از دسته‌ی گلیکوزید هیدرولازها می‌باشند.

- α و β آمیلاز (دیاستاز) مهم‌ترین آنزیم‌های آمیلازی هستند.
- آلفا آمیلاز یک اندوآنزیم است. یعنی آنزیم‌هایی که زنجیره را به صورت تصادفی مورد حمله قرار می‌دهند، این آنزیم تنها اتصالات (4 → 1) α را می‌شکند و نشاسته را تبدیل به دکسترین می‌کند. به همین علت به آن آنزیم دکستریموژنیک^۲ می‌گویند. در واقع هر اتصال α آمیلاز می‌شکند یک سر غیراحیاکننده در زنجیره به وجود می‌آورد.
- نکته: فعالیت آلفا آمیلاز در دانه‌ی سالم و جوانه زده کم‌تر از β آمیلاز است. اما به محض جوانه‌زدن فعالیت آن هزاران بار افزایش می‌یابد.

نکته: برای سنجش میزان فعالیت آلفا آمیلاز از تست فالینگ نامبر^۳ استفاده می‌شود.

\downarrow فعالیت α آمیلاز $\rightarrow F \cdot N \uparrow$

\uparrow فعالیت α آمیلاز $\rightarrow F \cdot N \downarrow$

α آمیلاز را از منابع باکتریایی (باسیلوس سوبتلیس و باسیلوس لیشنی فورمیس)، منابع مالتی و منابع قارچی یا کپکی (آسپرژیلوس اوریزا) به دست می‌آورند.

از لحاظ مقاومت حرارتی:

α آمیلاز باکتریایی $< \alpha$ آمیلاز مالتی $< \alpha$ آمیلاز کپکی

β آمیلاز یک اگزوآنزیم است. یعنی آنزیم‌هایی که از سر غیراحیاکننده‌ی زنجیره شروع به فعالیت می‌کنند و با هر بار فعالیت این آنزیم یک مالتوز از زنجیره جدا می‌شود. فعالیت β آمیلاز با رسیدن به اتصال (6 → 1) α متوقف می‌شود اما α آمیلاز این اتصال را دور می‌زند.

از آن جایی که در اثر فعالیت β آمیلاز، مالتوز ایجاد می‌شود به آن آنزیم ساکاروژنیک^۴ یا قندساز گفته می‌شود

1. Amylase
2. Dextrinogenic Enzyme
3. Falling number
4. Saccharogenic Enzyme

نکته: معمولاً α آمیلاز برای فعالیت به کلسیم نیاز دارد ولی B آمیلاز نیازی به کلسیم ندارد.

- از اثر بتا آمیلاز روی آمیلوز: فقط مالتوز به دست می آید.

- از اثر بتا آمیلاز روی آمیلوپکتین: مالتوز و دکسترین به دست می آید.

- از اثر آلفا آمیلاز روی آمیلوز: گلوکز، مالتوز، مالتوتریوز [گلوکز $\alpha(1 \rightarrow 4)$ گلوکز $\alpha(1 \rightarrow 4)$ گلوکز (تری ساکارید احیا کننده)] و

دکسترین به وجود می آید اما محصول نهایی آن فقط گلوکز است.

- از اثر آلفا آمیلاز روی آمیلوپکتین: گلوکز، مالتوز، مالتوتریوز و ایزومالتوز [گلوکز $\alpha(1 \rightarrow 6)$ گلوکز] تولید می شود اما محصول

نهایی آن گلوکز و ایزومالتوز است.

اما در اثر فعالیت هر دو آنزیم نیز به $DE = 100$ نمی رسیم. زیرا تمام اتصالات $\alpha(1 \rightarrow 6)$ باقی می ماند.

• گلوکو آمیلاز^۱ یک آنزیم است که قادر است هم اتصالات $\alpha(1 \rightarrow 4)$ و هم $\alpha(1 \rightarrow 6)$ را هیدرولیز کند و به این ترتیب

محصول نهایی آن گلوکز است. تنها آنزیمی است که قادر است نشاسته را تا $DE = 100$ (در تئوری) هیدرولیز کند.

• پولولاناز^۲ آنزیمی است که تنها اتصالات $\alpha(1 \rightarrow 6)$ را می شکند بنابراین تحت عنوان آنزیم شاخه شکن مطرح می شود.

نکته: به شربت نشاسته با DE کم تر از 20 مالتودکسترین^۳ اطلاق می شود. که می تواند به عنوان جایگزین چربی، استابیلایزر،

نم گیر و به تأخیر اندازنده ی رشد بلور در کریستال یخ به کار رود معمولاً توسط هیدرولیز اسیدی ایجاد می شوند.

بر اساس یک نوع تقسیم بندی شربت ذرت بر مبنای DE به چهار دسته تقسیم می شود:

$$1- 20 < DE < 38$$

$$2- 38 < DE < 55 \text{ (شربت مالتوز)}$$

$$3- 55 < DE < 73$$

$$4- 73 < DE$$

• شربت گلوکزی که در صنعت مورد استفاده قرار می گیرد DE بین 94 تا 98 دارد و یک تا دو درصد مالتوز نیز خواهد داشت.

از آن جایی که شیزینی گلوکز مایع حاصله از عمل هیدرولیز نشاسته در حد کافی نمی باشد، توسط آنزیم گلوکز ایزومراز^۴

(به صورت تثبیت شده) گلوکز را به فروکتوز تبدیل می کنند و به این ترتیب شربت ذرت یا فروکتوز بالا (H.F.C.S) به دست

می آورند.

• هرگاه شربت حاصل از تبدیل 42% فروکتوز و 58% گلوکز داشته باشد، شیرینی آن معادل ساکارز می شود.

• H.F.C.S شیرین کننده ای است با شیرینی مطلوب و محتوی دکستروز (گلوکز) و لولوز (فروکتوز) بالا به همین دلیل تمایل

آن به کریستالیزاسیون بسیار کم است. توانایی زیادی در حفظ رطوبت دارد و فشار اسمزی را بهتر از شربت ساکارز یا قند

انورت کنترل می کند.

1. Glucoamylase
2. Plullanase
3. malto dextrin
4. Glucose isomerase

توجه: روش‌های هیدرولیز آنزیمی به طور کلی با وجود پیچیدگی‌هایشان بسیار مطلوب‌تر هیدرولیز اسیدی هستند. زیرا در روش هیدرولیز اسیدی امکان انجام فرآیند برگشت و تولید دی‌ساکاریدهای برگشتی وجود دارد و نیاز به دستگاه‌های مقاوم به خوردگی وجود دارد و نیز امکان تیره شدن رنگ شربت هم وجود دارد.

نکته: هیدرولیز اسیدی نشاسته‌ی گندم به علت ساختار متراکم‌تری که دارد، سخت‌تر از هیدرولیز نشاسته‌ی سیب‌زمینی صورت می‌گیرد.

تقسیم‌بندی نشاسته‌ها از روی ژل تولیدی:

خواص نشاسته‌های مختلف از روی ژل‌های تولیدشده توسط آن‌ها تغییر می‌کند. بر این مبنا یعنی بر اساس ویژگی‌های ژل‌های تولیدشده نشاسته‌های مختلف آن‌ها را طبقه‌بندی می‌نمایند:

- ۱- نشاسته‌هایی که آمیلوپکتین بالایی دارند: مثل ذرت مومی یا تاپیوکا این دسته ژلی ضعیف و شفاف ایجاد می‌کنند. زیرا ایجاد ژل و تولید فیلم از خواص آمیلوز است و جذب آب و افزایش ویسکوزیته از خواص آمیلوپکتین است.
- ۲- نشاسته‌های دارای آمیلوز متوسط: قدرت ژلی متوسطی داشته و ژلی کدر درست می‌کنند. گندم - ذرت معمولی
- ۳- نشاسته‌های آمیلوز بالا: قدرت ژلی زیادی دارند و ژل ایجاد شده توسط آن‌ها کاملاً کدر است. مثل نشاسته نخودفرنگی

نشاسته‌های اصلاح شده^۱

از آن جایی که نشاسته‌ها در فرم طبیعی گاهی خواص مورد نظر را ندارند بنابراین به طرق گوناگونی آن‌ها را اصلاح می‌کنند. این اصلاح یا به طریقه‌ی ژنتیکی و یا به صورت شیمیایی است.

۱- نشاسته‌های دارای اتصالات عرضی^۲

در این حالت تحت اثر عواملی مانند اپی‌کلروهیدرین یا اکسی‌کلرید فسفر اتصالات کوالانسی قوی بین مولکول‌های نشاسته برقرار می‌شود و در واقع این اتصالات جایگزین پیوندهای ضعیف هیدروژنی می‌شوند. پس نشاسته‌ای با ثبات بالا تولید می‌شود و در نتیجه دمای تورم و خمیری شدن نشاسته افزایش می‌یابد. همین امر سبب می‌شود ویسکوزیته کندتر گسترش یابد و نفوذ حرارت به داخل محصول آسان‌تر انجام شود. ضمن این که مقاومت نشاسته به تنش‌های وارده مثل اسید یا حرارت افزایش می‌یابد بنابراین ویسکوزیته‌ی محصولی مثل سس به سادگی کاهش نخواهد یافت.

۲- نشاسته‌های اکسیدشده:

با افزودن هیپوکلریت سدیم به نشاسته به دست می‌آید، در این صورت ویسکوزیته کاهش و شفافیت خمیر افزایش و رترورگراسیون به تعویق می‌افتد.

۳- نشاسته‌های رقیق شده با اسید^۳:

در این حالت نشاسته به صورت جزئی توسط اسید هیدرولیز می‌شود. در نتیجه این عمل آمیلوپکتین بیش از آمیلوز هیدرولیز می‌شود، پس ویسکوزیته کاهش و سرعت رترورگراسیون افزایش و دمای ژلاتینه شدن افزایش خواهد یافت. (چون نسبت آمیلوز زیادتر شده است)

1. Modified Starch
2. Cross Linked Starch
3. Thin boiling Starch

نکته: استفاده از چنین محصولی در قوطی‌های کنسروی که فرآیند انتقال حرارت آن‌ها از نوع جابه‌جایی است، بسیار مهم است. زیرا نرخ انتقال حرارت افزایش می‌یابد.

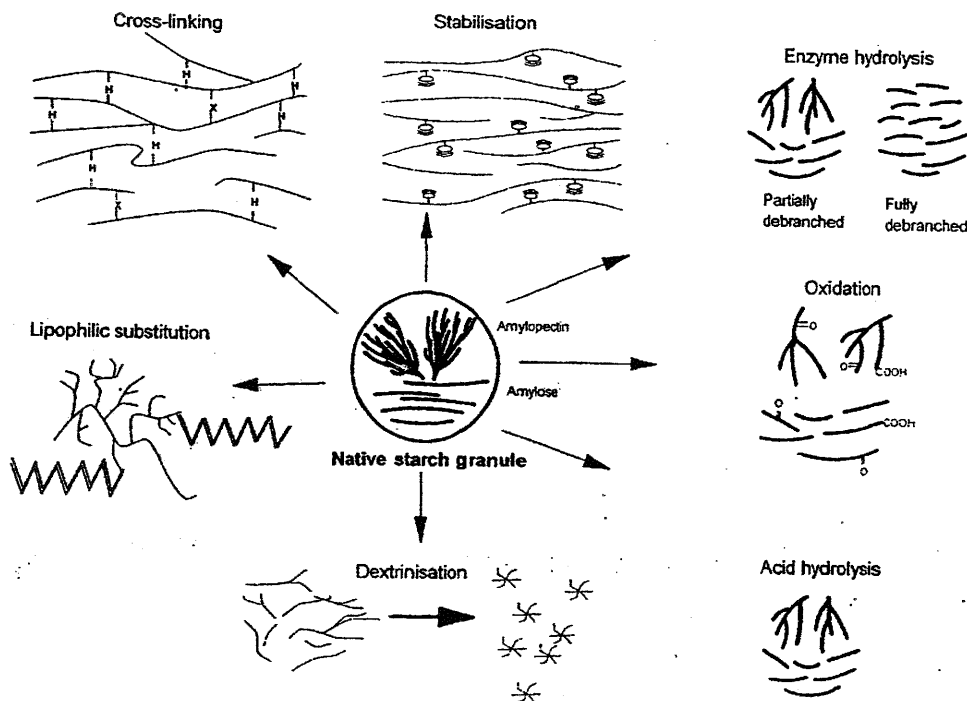
۴- نشاسته‌ی دکسترینه شده:

در اثر حرارت یا مواد شیمیایی نشاسته خرد شده و دکسترین ایجاد می‌کند. دکسترینه کردن نشاسته، دمای تورم آن را کاهش می‌دهد.

- به دکسترین‌های ایجاد شده توسط حرارت پیرو دکسترین^۱ گفته می‌شود.
- گاهی حرارت دادن در حدی نیست که سبب تخریب نشاسته شود بلکه آن را ژلاتینه می‌کند به این نوع نشاسته‌ها، نشاسته از پیش ژلاتینه شده می‌گویند که در آب سرد محلول می‌باشد.

۵- نشاسته‌های فسفات:

مهمترین نوع نشاسته‌ی اصلاح شده است. نشاسته مونوفسفات از نوع محلول در آب سرد است. بنابراین در تهیه‌ی محصولات منجمد کاربرد زیادی دارد. زیرا مانع از سینرژیس^۲ در هنگام دیفراس^۲ خواهد شد.



شکل ۲۴-۱: اصلاحات شیمیایی در نشاسته

ب) گلیکوژن^۱

کربوهیدرات ذخیره‌ای جانوران، قارچ‌ها و برخی مخمرها است. همپولی ساکاریدی است که کاملاً شبیه آمیلوپکتین است. اما بسیار منشعب‌تر از آن است. بنابراین وزن مولکولی بالاتری از آن دارد. شاخه‌های خارجی مولکول دارای 6-7 واحد گلوکز هستند و فاصله شاخه‌ها از هم به طور متوسط سه مولکول گلوکز است. رنگ حاصله از این ترکیب با ید، قرمز متمایل به قهوه‌ای است. در صنایع غذایی کاربردی ندارد. اما استفاده از آن می‌تواند در محصولات منجمد متداول شود. زیرا به علت انشعابات زیادی دارد، که می‌تواند از سینترزیس محصول در هنگام دیفراست جلوگیری می‌کند.

ج) سلولز

همپولی ساکاریدی است که از واحدهای متوالی گلوکز با اتصال β (1 → 4) تشکیل شده است. در ساختار سلولز، گلوکزها به صورت یک در میان نسبت بهم 180° چرخش دارند.

- واحد ساختاری سلولز دی‌ساکارید احیاکننده‌ای به نام سلوبیوز^۲ است. سلولز فراوان‌ترین ماده‌ی آلی طبیعت می‌باشد. بخش زیادی از وزن گیاهان را تشکیل می‌دهد و حدود نیمی از دی‌اکسیدکربن هوا توسط سلولز در گیاهان تثبیت شده است. بسیار نامحلول است به طوری که محلول آمونیاکی سولفات مس (محلول شوایتزر) یکی از تنها حلال‌هایی است که سلولز را در خود حل می‌کند.
- در طبیعت فرم خالص سلولز، الیاف پنبه می‌باشد.

زنجیره‌ی سلولز خطی است و در ساختار خود دو بخش کریستالی و آمورف دارد. در بخش کریستالی زنجیره‌ها کاملاً به هم نزدیک‌اند و بین گروه‌های هیدروکسیل آن‌ها اتصالات هیدروژنی زیادی تشکیل شده است. درجه بالای کریستالی سبب افزایش خاصیت الاستیکی مولکول و نیز افزایش مقاومت به پاره شدن می‌گردد و عامل سفتی بافت است. بخش آمورف زنجیره‌های دور از هم دارد و ساختارش نامنظم است.

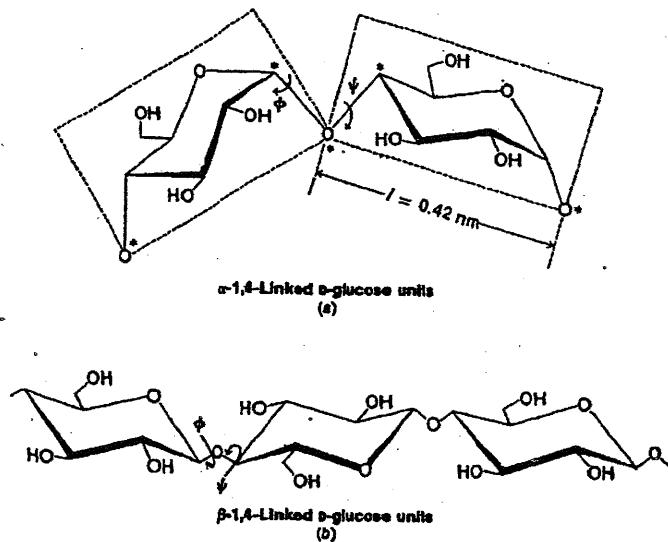
- حرارت دادن نسبی سلولز سبب می‌گردد پیوندهای هیدروژنی بشکنند و بخش کریستالی کاهش یابد و از آن جایی که جذب آب سلولز منحصر به بخش آمورف آن است، بنابراین در این حالت جذب آب افزایش می‌یابد.
- خشک کردن باعث می‌شود ساختارهای آمورف به هم نزدیک شوند. به این ترتیب بخش آمورف با ایجاد پیوند هیدروژنی تبدیل به بخش‌های کریستالی می‌شود.

بخش آمورف به سادگی با مواد شیمیایی واکنش می‌دهد به همین سبب می‌توان سلولز را با اسید به طور جزئی هیدرولیز نمود که در این حالت بخش‌های آمورف هیدرولیز شده و جدا می‌گردند، اما بخش‌های کریستالی کمی خرد می‌شود. به این ترتیب می‌توان محصولی تحت عنوان سلوکریم^۳ (خامه سلولزی) به دست آورد. این ترکیب به عنوان یک جایگزین چربی عمل می‌کند.

همچنین از قسمت‌های کریستالی خرد شده محصولی تحت عنوان **آویسل^۱** به دست می‌آید، که به عنوان یک ترکیب قوام‌دهنده و نیز یک فرآورده‌ی رژیمی کاربرد دارد.

انسان و دیگر جانوران غیر نشخوارکننده به سبب این که آنزیم سلولاز^۲ (β گلوکوزیداز) ندارند، قادر به تجزیه سلولز نیستند. نکته: از مشتقات مهم سلولز، **متیل سلولز^۳** است که در آن گروه متیل جایگزین گروه هیدروکسیل کربن شماره‌ی ۶ گلوکز شده است، به این ترتیب متیل سلولز در آب سرد محلول بوده و در آب گرم تشکیل ژل می‌دهد.

- کربوکسی متیل سلولز (C.M.C) از واکنش سلولز با سود و اسید کلرواستیک به دست می‌آید. به این ترتیب گروه کربوکسیل وارد ساختار می‌شود. پس حلالیت آن از سلولز زیادتر است.
- کربوکسی متیل سلولز یک استابیلایزر^۴ بوده و ترکیبی جهت جلوگیری از رشد بی‌رویه‌ی کریستال‌های یخ در فرآورده‌های منجمد می‌باشد.



شکل ۲۵-۱: حالت فضایی اتصال D-گلوکز (a) $\alpha(1 \rightarrow 4)$ و واحدهای (b) $\beta(1 \rightarrow 4)$

هتروپلی ساکاریدها

الف) همی سلولزها و پنتوزان‌ها:

هتروپلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای و غیرسلولزی هستند که همراه با سلولز، پکتین و لیگنین در دیواره‌ی سلول گیاهی وجود دارند. نکته: همی سلولزها در آب غیرمحلول و پنتوزان‌ها، محلول در آب هستند.

در ساختمان هردو ترکیب (همی سلولز و پنتوزان)، L آرابینوز و D گزیلوز (به فرم پلیمری) یافت می‌شوند. همچنین از هگزوزهای دیگر می‌توان به D گالاکتوز و D گلوکورونیک اسید اشاره کرد.

1. Avicel
2. Cellulase
3. Methyl Cellulose
4. Stabilizer

همی سلولزها هیچ ارتباط ساختاری با سلولز ندارند و پیش‌ساز آن نیز نمی‌باشند. این ترکیبات از اتصال (4 → 1) واحدهای Dβ گزیلوپیرانوز تشکیل شده‌اند که به آن‌ها پنتوزهای دیگری مثل آرابان متصل می‌شوند. به این ترتیب همی سلولز گندم یک آرابینوگزیلان^۱ است که درجه پلیمرزاسیون آن حدود ۳۰۰ است.

همی سلولزها در نتیجه‌ی هیدرولیز قلیایی پس از لیگنین زدایی به دست می‌آیند. حدود ۴۳ درصد کربوهیدرات‌های سیوس گندم را شامل می‌شود.

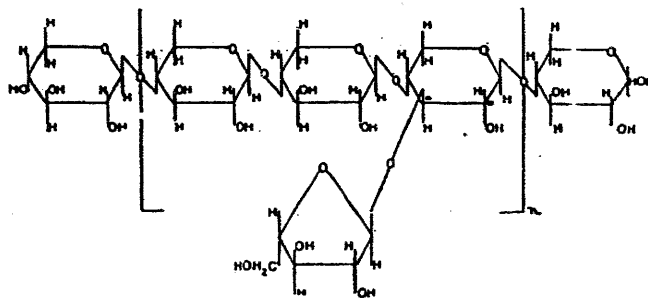
همی سلولزها را بر اساس ماهیت قندهایشان به سه دسته‌ی زیر تقسیم می‌کنند:

۱- مانان‌ها

۲- گزیلان‌ها

۳- گالاکتان‌ها

پنتوزان‌ها به میزان ۲ تا ۳ درصد در آرد گندم حضور دارند. در این ترکیبات هم زنجیره اصلی از آنهیدرو D گزیلوپیرانوزیل^۲ با اتصالات (4 → 1) β می‌باشد که انشعابات آنهیدرو L آرابینو فورانوزیل به آن متصل شده است. این دسته ترکیباتی بسیار ویسکوز هستند. بنابراین در جذب آب بسیار مؤثرند و می‌توانند حدود 10 برابر وزن خود می‌توانند آب جذب کنند. و به عنوان اجزایی مهم در ساختار خمیر نقش دارند.



شکل ۲۶-۱: ساختار آرابینوگزیلان

ب) مواد پکتیکی^۳ (سیمان دیواره سلولی)

این دسته در لایه‌ی وسطی^۴ دیواره‌ی سلولی گیاهان وجود دارند. این ترکیبات اساس ساختارشان پلی گالاکتورونیک اسید است.

• در محصولات نارس، پکتین به صورت متصل با سلولز است که پروتوپکتین^۵ نامیده می‌شود و نامحلول می‌باشد.

هرگاه پروتوپکتین را تحت شرایط اسیدی حرارت دهیم در آن صورت سلولز از ساختار آن جدا شده و پکتین محلول به دست می‌آید.

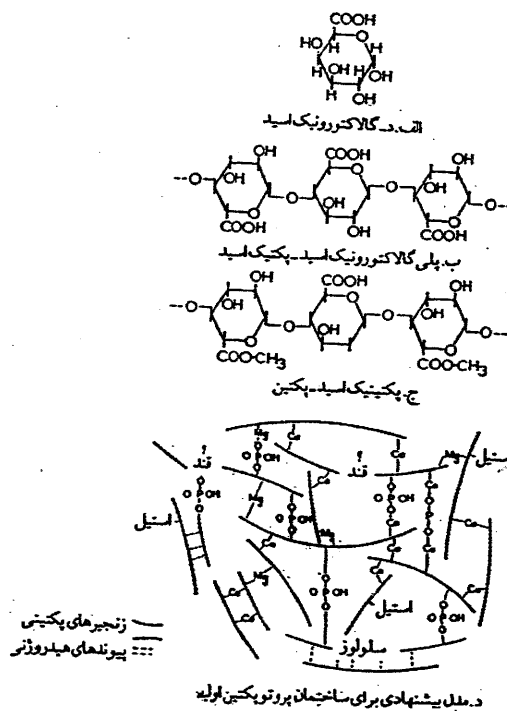
این عمل در میوه‌ها در هنگام رسیدن توسط آنزیم پروتوپکتیناز انجام می‌شود و در نتیجه میوه از حالت سفتی خارج می‌شود.

در ساختار پکتین مولکول‌های گالاکتورونیک اسید با اتصال (4 → 1) α به هم متصل‌اند.

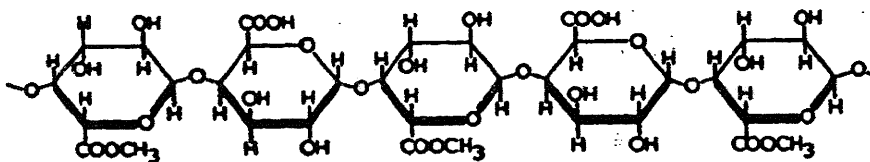
- 1 . Arabinoxylan
- 2 AnhydroDxylopyranosyl
- 3 Pectic substance
- 4 Middle lamella
- 5 protopectin

همچنین ترکیبات دیگری مثل آرابان^۱، گزیلان، گالاکتان^۲ و رامنوز به موقعیت‌های ۲ و ۳ گالاکتورونیک اسید متصل‌اند. نکته: وجود رامنوز سبب می‌شود زنجیره، حالتی مارپیچ به خود بگیرد. تعدادی از عوامل کربوکسیل زنجیره‌ی پلی گالاکتورونیک اسید با متانول^۳ استری شده و متوکسیل تشکیل می‌دهند. پکتینی که به صورت کامل متوکسیله شود، ۱۶% گروه متوکسیل دارد. اما پکتین‌های طبیعی ۹٪ تا ۱۲٪ متوکسیله شده‌اند.

$$E \cdot D = \frac{\text{تعداد گروه‌های کربوکسیل متیله شده}}{\text{تعداد کل گروه‌های کربوکسیل در زنجیره‌ی گالاکتورونیک اسید}} \times 100$$



۱-۲۷: ساختار مواد پکتیکی



شکل ۲۸-۱: قسمت اصلی ساختمان پکتین

نکته: اصطلاحات استری شدن، متیله شدن و متوکسیله شدن همگی ممکن است به جای هم به کار گرفته شوند. • درجه‌ی استری شدن زمان بستن ژل، قدرت ژل و شرایط تشکیل ژل را تعیین می‌کند.

- 1 Araban
- 2 Galactan
- 3 methanol

هرگاه توسط عمل آنزیم پکتین متیل استراز (پکتاز) و یا اثر قلیاها تمام گروه‌های متوکسیل از زنجیره‌ی پکتین جدا شوند، ترکیبی نامحلول تحت عنوان اسید پکتیک^۱ به وجود می‌آید. ولی اگر فقط برخی از گروه‌های متوکسیل جدا شوند، اسید پکتینیک^۲ حاصل می‌شود.

به این ترتیب پکتین نامی عمومی برای پوشش دادن دسته‌ای وسیع از اسیدهای پکتینیک است که اختلافشان با هم در درجه‌ی استری شدنشان است.

نکته: پکتین، کلونیدی با بار منفی است که خاصیت انحراف نور پلاریزه داشته و راست‌گردان آن است.

نکته: پکتین در PH قلیایی ناپایدار بوده و به حرارت هم حساس است.

نکته: جلایت پکتین‌ها با افزایش درجه‌ی استری شدن و کاهش وزن مولکولی، افزایش می‌یابد.

- هرچه پکتین در آب کم‌تر محلول باشد، آسان‌تر می‌توان آن را توسط افزودن الکترولیت‌ها رسوب داد. به طوری که پکتین با درجه‌ی استری شدن 20% توسط نمک طعام و پکتین با درجه‌ی استری شدن 30% با کلرید کلسیم و پکتین با درجه‌ی استری شدن 70% با کلرید آلومینیوم رسوب می‌دهد.
- پکتین‌های کاملاً استری شده با هیچ الکترولیتی رسوب نمی‌دهند. این دسته را می‌توان با حلال‌های آلی مثل اتانول و یا متانول رسوب داد.
- میزان پکتین در ترکیبات گیاهی مختلف کاملاً متفاوت است در لایه‌ی آلبیدو مرکبات 30 تا 35 درصد و در پالپ چغندر قند 15 تا 20 درصد پکتین وجود دارد. اما اساسی‌ترین منبع استحصال پکتین پوست مرکبات و قسمت مرکزی سیب است.
- پکتین به سبب داشتن گروه‌های آبدوست فراوان می‌تواند به عنوان ترکیبی مناسب برای تشکیل ژل به کار رود. ژل پکتیکی ترموپلاستیک^۳ است یعنی در اثر حرارت مجدداً به سول تبدیل می‌شود.

نکته: شرایط لازم جهت تشکیل ژل:

۱- داشتن گروه‌های هیدروفیل

۲- توانایی ایجاد شبکه

پکتین در اثر پراکنده شدن در آب یک سیستم کلونیدی تشکیل می‌دهد. در این حالت گروه‌های کربوکسیل یونیزه شده و بار منفی پیدا می‌کنند پس دافعه‌ی الکتریکی ایجاد شده و پکتین در آب پخش می‌شود. در هنگام ایجاد ژل لازم است پکتین آب را در خود حبس کند، برای این کار ژل پکتیکی احتیاج به قند و اسید دارد.

اضافه کردن اسید سبب می‌شود بارهای منفی خنثی شده و امکان نزدیک شدن زنجیره‌های پکتینی به هم فراهم آید.

از سوی دیگر اضافه کردن مقدار زیادی قند هم لازم است که این ترکیبات هم، مقدار زیادی از آب را جذب خود می‌کنند.

تبخیر و تغلیظ هم با خارج کردن بخش زیادی از آب سبب نزدیک‌تر شدن بیش‌تر زنجیره‌های پکتینی به هم می‌شود. در نتیجه بین

زنجیره‌ها پیوندهای هیدروژنی تشکیل شده و شبکه‌ی سه بعدی ژل پکتیکی به وجود می‌آید.

پکتین به دو دسته‌ی پکتین‌های پر استر^۱ با درجه‌ی استری شدن بالای 50% و انواع کم‌استر^۲ با درجه‌ی استری شدن کم‌تر از 50% است. پکتین‌های پراستر یا معمولی جهت تشکیل ژل به 65% تا 70 قند و 0.2% تا 1.5 پکتین و pH بین 3.4 تا 2.8 نیاز دارند. این گروه در pH بالاتر از 3.5 ژل نمی‌دهند. اما در pH کم‌تر از 2.8، ژل فقط در دمای بالا تشکیل می‌شود. پکتین‌های پراستر شامل دو گروه به شرح زیر هستند:

۱- پکتین‌های تند بند^۳

این دسته بالاتر از 70% استری شده‌اند و در حالت داغ (80°C) تشکیل ژل می‌دهند (یعنی سرعت تشکیل ژل آن‌ها بالاست). pH اپتیمم تشکیل ژل آن‌ها معادل 3 تا 3.4، است. در این گروه، قدرت ژلی رابطه مستقیم با وزن مولکولی زنجیره دارد.

۲- پکتین‌های کند بند^۴

درجه‌ی استری شدن این گروه بین 50% تا 70 است. pH مناسب تشکیل ژل آن‌ها 2.8 تا 3.2 است. ابتدا باید سرد شوند و به 50°C برسند و سپس تشکیل ژل دهند. قدرت ژلی این دسته بستگی مستقیم به درجه‌ی استری شدن آن‌ها دارد.

دمای تشکیل ژل ↑	⇐	سرعت تشکیل ژل ↑
اگر PH ↓ یا اسید ↑	⇐	دمای تشکیل ژل ↑
قند ↑	⇐	دمای تشکیل ژل ↑
مقدار پکتین ↑	⇐	دمای تشکیل ژل ↑
درجه‌ی استری شدن ↑	⇐	دمای تشکیل ژل ↑

پکتین کم استر

درجه‌ی استری شدن این گروه کم‌تر از 50% است و در نتیجه استرزدایی کنترل‌شده‌ی پکتین‌های پر استر تهیه می‌شوند. این دسته جهت ایجاد ژل نیازی به قند و اسید ندارند زیرا با افزایش درجه متوکسیلاسیون، تعداد گروه‌های کربوکسیل آزاد کاهش می‌یابد بنابراین امکان یونیزاسیون و ایجاد بارهای الکتریکی منفی و نیروی رانش کاهش می‌یابد و تنها به یون‌های دو ظرفیتی به‌ویژه Ca^{+2} و Mg^{+2} نیاز دارند. تشکیل ژل این دسته همانند نوع پر استر سریع می‌باشد، اما ویسکوزیته‌ی حاصله توسط آن‌ها پایین‌تر از نوع پر استر تندبند است. این گروه به سبب عدم نیاز به قند جهت تشکیل ژل در تهیه‌ی مرباهای رژیمی کاربرد دارند و به سبب عدم نیاز به اسید در محدوده‌ی pH بین 2.5 تا 6.5 ژل تشکیل می‌دهند.

• قدرت ژلی این دسته همانند نوع کندبند بستگی مستقیم به درجه‌ی استری شدن آن‌ها دارد.

قدرت ژل‌های پکتیکی توسط درجه‌ی پکتینی ارزیابی می‌شود.

- 1 . High Methoxyl Pectin HMP
- 2 . Low Methoxyl Pectin LMP
- 3 Rapid set pectin:
- 4 Slow Set Pectin:

درجه‌ی پکتینی^۱: کیلوگرم شکر است که با یک کیلوگرم پکتین تشکیل ژلی با قوام (سفتی) مطلوب می‌دهد.

• درجه‌ی پکتین‌های معمولی بین 100 تا 500 است.

مثال: می‌خواهیم 1000 kg مربا با نسبت شکر $\rightarrow \frac{50}{50}$ ← میوه تهیه کنیم، چند کیلوگرم شکر و چقدر پکتین درجه‌ی 100 نیاز داریم؟

500 Kg شکر و 5 kg پکتین درجه 100 لازم داریم.

آنزیم پلی گالاکتوروناز یا پکتیناز: اتصالات (4 → 1) α واحدهای گالاکتورونیک اسید را هیدرولیز می‌کند و به این ترتیب سبب

نرم و لیز شدن میوه‌ها و سبزی‌ها می‌گردد.

• از این آنزیم جهت سهولت استخراج آب‌میوه‌ها استفاده می‌شود.

آنزیم پکتین متیل استراز (پکتاز): سبب دمتیله کردن یا جدا کردن گروه‌های متوکسیل از ساختار پکتین می‌گردد، از این آنزیم

در صنعت آب‌میوه جهت تهیه‌ی آب‌میوه‌های صاف استفاده می‌شود. به این ترتیب که پس از استخراج آب‌میوه‌ها به آن‌ها فرآیند حرارتی نمی‌دهند. در نتیجه این آنزیم فعال باقی‌مانده و پکتین را دمتیله می‌کند. پکتین در حین رسوب کردن کلیه‌ی ترکیبات کلونیدی دیگر مثل تانن‌ها را همراه با خود راسب می‌کند، به این ترتیب آب میوه صاف می‌گردد.

• اما در تهیه‌ی آب‌میوه‌های پالپی مثل آب پرتقال بلافاصله پس از استخراج یک فرآیند حرارتی اعمال می‌شود. به این ترتیب

پکتین متیل استراز غیرفعال شده و پکتین سالم مانده و آب میوه پالپی می‌شود.

ج) صمغ‌ها^۲

دسته‌ای از هتروپلی‌ساکاریدها هستند که به واسطه‌ی توانایی خود در تولید محصولاتی با ویسکوزیته‌ی بالا در غلظت کم مشخص می‌شوند. به این ترتیب صمغ‌ها ساختاری هیدروکلونیدی و بسیار هیدروفیل دارند.

صمغ‌ها را می‌توان به دو دسته‌ی **خطی و انشعابی** تقسیم کرد.

• صمغ‌های خطی فضای بیش‌تری اشغال کرده، در نتیجه نسبت به صمغ‌های انشعابی با همان وزن مولکولی فضای بیش‌تری

اشغال نموده و ویسکوزتر (چسبنده‌تر) خواهند بود. این دسته تمایل به تشکیل سریع فیلم دارند.

• صمغ‌های انشعابی آسان‌تر ژل تشکیل می‌دهند زیرا از حلالیت بیش‌تری در آب برخوردارند در این دسته به جهت این‌که

زنجیره‌های جانبی در هم فرو می‌روند، فیلم مناسبی تشکیل نمی‌شود و فیلم تشکیل شده‌ی آن‌ها چسبناک است.

از لحاظ شیمیایی صمغ‌ها می‌توانند به صورت **خنثی یا باردار** باشند.

پلی‌ساکاریدهای خنثی فقط به صورت جزئی تحت تأثیر pH یا وجود نمک‌ها در غلظت کم قرار می‌گیرند.

تعدادی از صمغ‌ها دارای مولکول‌هایی با گروه کربوکسیل زیاد در طول زنجیره خود هستند مثل **پکتین و آلژینات**. این مولکول‌ها

در pH کمتر از 3 که گروه‌های کربوکسیل آزاد تشکیل می‌شوند رسوب می‌کند.

همچنین فورسلاران و کاراگینان دارای گروه‌های اسیدی قوی هستند این صمغ‌ها دارای گروه‌های استری اسید سولفوریک

می‌باشند و در pH پائین پایدارند زیرا گروه‌های سولفوریک اسید در pH پائین نیز یونیزه هستند و نسبت یونیزاسیون آنها با کاهش

pH کاهش نمی‌یابد.

جایگزین کردن گروه‌های عاملی^۱ خواص و ویژگی‌های صمغ‌ها را تغییر می‌دهد. به عنوان مثال جایگزینی گروه‌های خنثی ویسکوزیته و ثبات صمغ‌ها را افزایش می‌دهد از این گروه‌ها می‌توان به متیل، اتیل و هیدروکسی متیل اشاره کرد. وارد کردن گروه‌های اسیدی یونیزه قوی می‌تواند پلی ساکاریدها را موسیلاژی یا چسبنده کند. صمغ‌ها منابع مختلفی دارند:

- ۱- صمغ‌های تراوشی از گیاهان^۲: کارایا^۳، تراگاکانت^۴ (کتیرا) و صمغ عربی^۵
- ۲- صمغ‌های دانه‌ای^۶: خرنوب و صمغ گوآر^۷
- ۳- صمغ‌های مترشحه از منابع دریایی^۸: آلژین^۹، کاراگینان^{۱۰}، فورسلاران^{۱۱} و آگار^{۱۲}
- ۴- صمغ‌های میکروبی: گزانتان - ژلان - دکستران - لوان
- ۵- صمغ‌های اصلاح شده (سنتتیک): کربوکسی متیل سلولز (C-M-C) و متیل سلولز

الف) صمغ عربی:

قدیمی‌ترین صمغ گیاهی است. کاربرد اولیه‌ی آن جهت چسبانیدن مومیایی‌ها بوده است. امروزه به عنوان چسب تمبر کاربرد دارد. این صمغ برخلاف صمغ‌های دیگر در غلظت پایین ویسکوزیته‌ی زیادی ایجاد نمی‌کند و برای ایجاد ویسکوزیته بالا نیاز به غلظت بالایی از آن داریم. وزن مولکولی آن بالا بوده و ساختاری بسیار منشعب دارد.

- به علت وجود بارهای یونی در ساختار آن ویسکوزیته‌اش با تغییر pH، تغییر می‌کند. حداکثر ویسکوزیته‌ی آن در pH برابر 6 تا 8 است.
- خاصیت امولسیفایری نیز دارد.
- واحد ساختمانی آن شامل؛ L-آرابینوز، L-رامنوز، D-گالاکتوز و D-گلوکورونیک اسید است.
- این صمغ دارای گروه‌های کلسیم و منیزیم و پتاسیم است.
- برای پایدار کردن اسانس روغنی در عصاره‌ی مرکبات و نیز جهت جلوگیری از کریستالیزاسیون قند در صنایع قنادی کاربرد دارد.

ب) تراگاکانت (کتیرا):

از گیاه‌گون به دست می‌آید. در شرایط اسیدی به حرارت پایدار است. به همین علت در سس‌ها که لازم است در شرایط اسیدی ویسکوزیته‌ی خود را حفظ نمایند، به کار گرفته می‌شود.

- 1 Functional
- 2 Plant Gums
- 3 Karaya
- 4 Tragacant
- 5 Arabic Gum
- 6 Seed Gums
- 7 Guar Gum
- 8 Seaweeds Gum
- 9 Algin
- 10 Carrageenan
- 11 Furcellerlan
- 12 Agar

ویسکوزیته‌ی ایجاد شده توسط این صمغ از تمام صمغ‌های گیاهی دیگر بالاتر است. در جریان اختلاط این صمغ با آب یک جزء کوچک‌تر و محلول بنام **تراگاکانتین** و یک جزء بزرگ نامحلول به نام **باسورین** تشکیل می‌شود. کتیرا و صمغ عربی هر دو امولسیفایرهای خوبی هستند. صمغ عربی با ایجاد لایه‌ای به دور قطرات روغن مانع‌الحاق آن‌ها به هم می‌شود. اما کتیرا ویسکوزیته‌ی محیط را افزایش می‌دهد. در ساختار بستنی نیز کاربرد دارد.

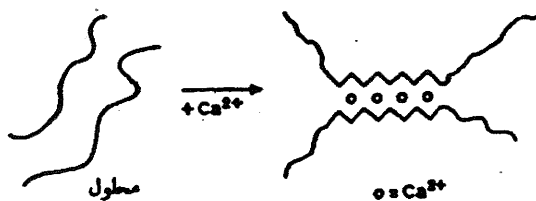
ج) کارایا:

نوعی صمغ تراویده گیاهی درختی به همین نام است. این صمغ با وزن مولکولی بالاتر نسبت به سایر هیدروکلئیدها کمترین حلالیت را داشته و باید به نحوی نرم شود که آب را جذب کند.

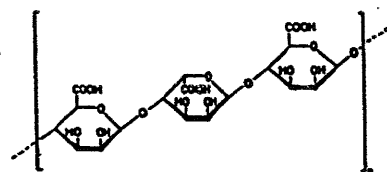
- به عنوان پایدار کننده استفاده می‌شود و به علت شباهتی که به کتیرا دارد از آن به عنوان تقلب یا جایگزین کتیرا استفاده می‌شود.

چ) آلژین:

- از اجزاء اصلی دیواره‌ی سلولی جلبک‌های قهوه‌ای است. در محدوده PH ۴ تا ۱۰ توانایی تشکیل ژل دارد.
 - از واحدهای مانورونیک اسید با اتصال $\beta(1 \rightarrow 4)$ تشکیل می‌شوند. همچنین گلوکورونیک اسید نیز دارند.
 - حضور یون کلسیم (Ca^{2+}) در محیط این ژل سبب اتصال پلیمرهای گلوکورونیک اسید به یکدیگر و ایجاد ساختاری موسوم به **جعبه تخم مرغی** می‌شود.
 - ویسکوزیته‌ی این صمغ با افزایش دما کاهش می‌یابد. امولسیفایر است. هم در آب سرد و هم در آب گرم محلول است. با یون کلسیم یا اسید و یا هر دو ژل می‌دهد.
 - بیش‌ترین ویسکوزیته‌ی ژل آن در PH نزدیک خنثی است. اما چون ساختار یونی ندارد با تغییر PH ویسکوزیته‌اش تغییر چندانی نمی‌کند.
 - رایج‌ترین شکل مورد استفاده آلژین‌ها، آلژینات سدیم است.
 - نمک‌های یک ظرفیتی آن مثل آلژینات سدیم و پتاسیم در آب محلول است.
 - نمک‌های دو ظرفیتی آن مثل آلژینات کلسیم در آب نامحلول است.
- نکته:** آلژین می‌تواند عمر انبارداری سیب‌زمینی را تا مرحله جوانه‌زدن به میزان 50% افزایش دهد.



(۲) ایجاد ساختار جعبه تخم‌مرغی در آلژین به وسیله یون کلسیم



شکل ۲۹-۱: (۱) ساختار آلژین

د) آگار:

از جلبک قرمز دریایی به دست می‌آید، در آب سرد نامحلول و در آب جوش محلول است. قوی‌ترین ماده‌ی سازنده‌ی ژل است. ژل آن از نوع ترموپلاستیک (برگشت‌پذیر) می‌باشد. از آن جایی که تغییرات دما ساختمان آن را نابود نمی‌کند، پس در تهیه‌ی محیط کشت‌های میکروبی از آن استفاده می‌شود.

- آگار مخلوطی از دو پلی ساکارید به نام‌های آگاروز (خنثی از نظر شیمیایی) و آگارویکتین (سولفات) می‌باشد. خاصیت امولسیفایری دارد.
- در محلول خنثی با پروتئین‌ها سازگاری دارد اما در PH برابر 3 و پایین‌تر از آن با ژلاتین ناسازگار بوده و لخته می‌دهد.
- نکته: دمای تشکیل یا بستن یک ژل از دمای ذوب آن ژل کم‌تر است. به این پدیده هیستریزس^۱ یا پس ماند گفته می‌شود. این صمغ بالاترین هیستریزس را از خود نشان می‌دهد.
- اضافه کردن صمغ خرنوب یا قند و یا دکسترین قدرت ژلی آن را افزایش می‌دهد. اما نشاسته و آلژینات سبب کاهش قدرت ژلی آن می‌شود.

ه) صمغ خرنوب:

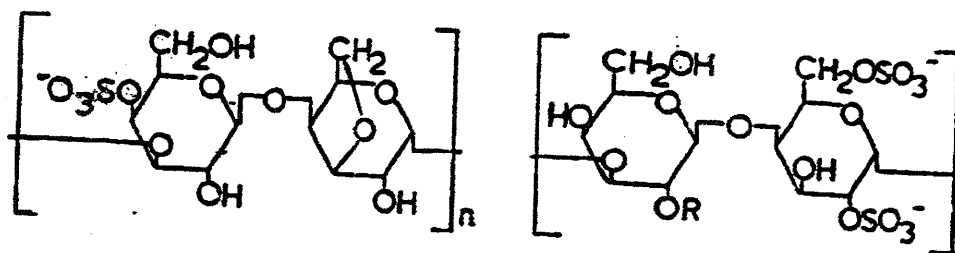
این صمغ از لوبیای خرنوب بدست می‌آید صمغی با ساختار خطی است و توانایی تشکیل فیلم‌های خوراکی قابل انعطاف با دوام را دارد. محلول آن به تنهایی تشکیل ژل نمی‌دهد. اما وقتی با گزانتان آمیخته شود، هم خواص صمغی گزانتان را تشدید می‌کند و هم به آسانی ژل می‌دهد.

و) گوار:

- شبیه صمغ خرنوب است و از دانه گیاه گوار به دست می‌آید. از نظر ساختمانی یک گالاکتومانان است.
- به سهولت آب جذب نموده و یک محلول بسیار غلیظ با خواص تیکسوتروپی ایجاد می‌کند.
- چون از نظر شیمیایی خنثی است، ویسکوزیته‌ی آن خیلی کم تحت تأثیر PH قرار می‌گیرد. با پروتئین‌ها ناسازگاری نداشته و ژل ایجاد نمی‌کند، اما تشکیل فیلم می‌دهد.

ز) کاراگینان:

- از یک خزّه استخراج می‌شود. پلیمرهای سولفات از گالاکتوز و انهیدروگالاکتوز است. توسط نمک پتاسیم به دو بخش محلول (لاندا کاراگینان) و رسوب‌کننده یا حساس به پتاسیم (کاپا کاراگینان) تقسیم می‌شود.
- یک بخش حساس به کلسیم نیز وجود دارد که یوتا کاراگینان می‌باشد. افزودن کلسیم و پتاسیم سبب تشکیل سریع ژل کاراگینان می‌شود. انواع کاپا و لاندا در صنایع غذایی اهمیت دارند.
- نکته: به شیر کاکائو کاراگینان اضافه می‌شود تا از رسوب کاکائو جلوگیری شود.
- نکته: جهت تولید سس کم‌چرب و نیز جهت جلوگیری از جذب روغن توسط فرآورده‌های سرخ کردنی از لاندا کاراگینان استفاده می‌شود.



ک - کاراگینان

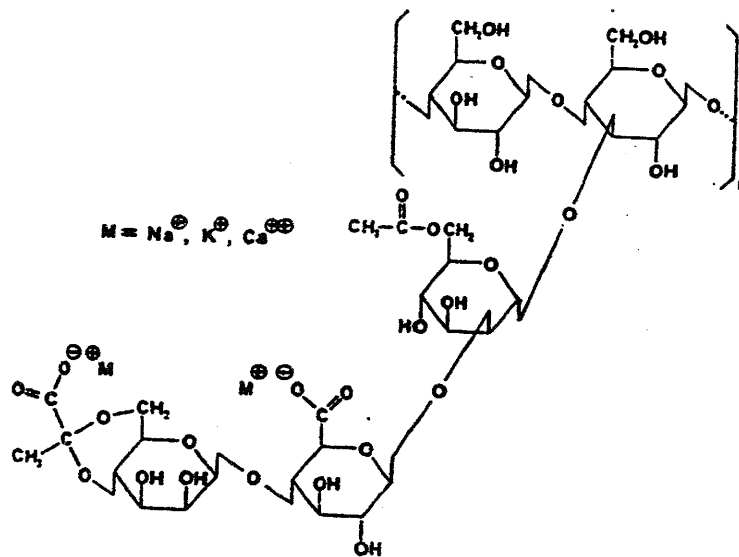
شکل ۳۰-۱-۱) λ-کاراگینان

ج) صمغ‌های میکروبی:

همگی هتروپولی‌ساکاریدهای خارج سلولی با وزن مولکولی بالا هستند که در جریان متابولیسم کربوهیدرات‌ها توسط میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شوند.

- گزانتان مهم‌ترین صمغ میکروبی است که مصرف آن در صنایع غذایی مجاز است. زنجیره‌ی اصلی آن از اتصالات $\beta(1 \rightarrow 4)$ گلوکز تشکیل می‌شود. ویسکوزیته‌ی محلول‌ها را به شدت بالا می‌برد و رفتاری شدیداً سودوپلاستیک (رقیق‌شونده با برش) دارد.
- وزن مولکولی خیلی بالایی دارد ولی به سادگی در آب گرم محلول است.

تغییر pH اثر چندانی روی ویسکوزیته‌ی آن ندارد. به طوری که در محدوده‌ی pH بین 1 تا 13 و دمای 0°C تا 100°C ویسکوزیته‌ی آن نسبتاً ثابت است. یکی از کاربردهای آن تثبیت‌کننده‌ی کف آب‌جو (ماء‌الشعیر) است.



ساختار ۳۱-۱: ساختار گزانتان

ط) متیل سلولز:

در آب گرم نامحلول و در آب سرد محلول است. برخلاف صمغ‌های دیگر در دمای بالا ژل می‌دهد یک صمغ غیر یونی است.

ی) کربوکسی متیل سلولز:

- در آب محلول و در حلال‌های آلی نامحلول است. ژلی برگشت‌پذیر می‌دهد که ویسکوزیته‌اش با افزایش دما، کاهش می‌یابد.
- پلیمری آنیونی است. توانایی واکنش با پروتئین‌ها را دارد و می‌تواند خواص کاری آن‌ها را تغییر دهد. پروتئین سویا و کازئین شیر در حضور این صمغ در نقطه‌ی ایزوالکتریک خود ته‌نشین نمی‌شوند.

فیبرها

پلی‌ساکاریدها به استثنای نشاسته و گلیکوژن قابل هضم توسط انسان نیستند و به سرعت پس از مصرف دفع می‌شوند. به این دسته اصطلاحاً فیبر اطلاق می‌شود. فیبرها را به دو دسته تقسیم می‌کنند:

۱- فیبر خام: ^۱ کلیه ترکیباتی آلی که پس از هیدرولیز اسیدی و قلیایی به جا می‌مانند. شامل سلولز و لیگنین.

۲- فیبر رژیمی: ^۲ کلیه ترکیباتی آلی غیر قابل هضم توسط بدن انسان می‌باشند. شامل لیگنین و سلولز، همی سلولز، پنتوزان، پکتین، و صمغ‌ها.

فیبرهای رژیمی شامل سه گروه مختلف می‌باشند.

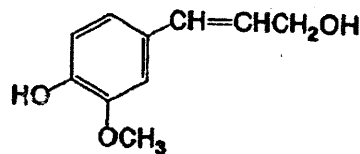
۱- ترکیبات پلی ساکاریدی ساختاری: سلولز، همی سلولز، پکتین، پنتوزان

۲- ترکیبات پلی ساکاریدی غیر ساختاری: صمغ‌ها

۳- ترکیبات غیر پلی ساکاریدی ساختاری: لیگنین

فیبرهای رژیمی در جلوگیری از بعضی از بیماری‌ها نقش دارند. به علت بقایای قندی بالایی که دارند، قابلیت نگهداری آب زیادی دارند. همچنین لیگنین قدرت جذب و در نتیجه خارج ساختن اسیدهای صفراوی و کلسترول را از بدن را دارد.

• لیگنین از واحدهای تکراری به نام الکل کونیفریل تشکیل شده است.



شکل ۳۲-۱: الکل کونیفریل در ساختمان لیگنین

تست‌های فصل اول

۱ - کدام قند در حضور معرف سیلوانف سریع‌تر رسوب قرمز رنگ می‌دهد؟

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

۲ - مقدار قندی که یک گرم پکتین می‌تواند با خود در تشکیل ژل نگهدارد پکتین است.

- (۱) اکی‌والان (۲) درجه متیله شدن (۳) درجه (۴) درجه استری شدن

۳ - احساس وجود شن Sandiness در بستنی به کدام دلیل است؟

- (۱) استفاده از کریستال شکر در فرمول بستنی (۲) پایین بودن حلالیت بتا لاکتوز

- (۳) پایین بودن حلالیت آلفا لاکتوز (۴) وجود لاکتوز بی‌شکل در شیر

۴ - استفاده از شکر در تشکیل ژل پکتینی باعث سفت‌تر شدن ژل و افزایش تعداد پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های

می‌شود.

- (۱) پکتین و ساکارز (۲) پکتین (۳) پکتین و ویسکوزیته محیط (۴) ساکارز

۵ - آنزیم لاکتوز در تهیه کدام مورد مصرف می‌شود؟

- (۱) خامه ترش (۲) بستنی (۳) ماست (۴) مایونز

۶ - ساختار لاکتوز عبارت است از پیرانوزیل D گلوکوپیرانوز

- (۱) آلفا ۴ و ۱ گالاکتو (۲) آلفا ۴ و ۱ گلوکو (۳) بتا ۴ و ۱ گالاکتو (۴) بتا ۴ و ۱ گلوکو

۷ - کدام قند در دمای اتاق کم‌ترین حلالیت را دارد؟

- (۱) ساکاروز (۲) فروکتوز (۳) گلوکز (۴) لاکتوز

۸ - هگزولوز قندی است شش کربنه با یک گروه ...

- (۱) آلدئیدی (۲) کتونی (۳) آلدئیدی و ستونی (۴) هیدروکیلی

۹ - با احیا قند فروکتوز کدام یک تولید می‌شود؟

- (۱) سوربیتول (۲) مانیتول (۳) سوربیتول و مانیتول (۴) مانیتول و سوربوز

۱۰ - نمونه‌ای از یک هتروپلی ساکارید چیست؟

- (۱) دکستران (۲) سلولز (۳) نشاسته (۴) پکتین

۱۱ - بتا D- گالاکتوپیرانوزیل D گلوکوپیرانوز فرمول کدام ترکیب است؟

- (۱) ساکارز (۲) گالاکتوز (۳) لاکتوز (۴) مالتوز

۱۲ - تفاوت اریترود کستین و مالتود کستین کدام می‌باشد؟

(۱) مالتود کستین عملاً مالتوز و دکستین کم‌تری تولید می‌کند.

(۲) اریترود کستین به وسیله ید، قرمز و مالتود کستین آبی می‌شود.

(۳) اریترود کستین به وسیله ید، آبی می‌شود اما مالتود کستین رنگ تولید نمی‌کند.

(۴) قدرت احیا کنندگی محلول فهلینگ به وسیله اریترود کستین بیش از مالتود کستین است.

- ۱۳ - دی ساکارید که از ترکیب دو مولکول گلوکز با پیوند (۶-۱) β ساخته شده است، معروف است به ...
 (۱) ایزومالتوز (۲) جنتیوبیوز (۳) لاکتوز (۴) مالتوز
- ۱۴ - ضمنی که از جلبک‌های دریایی *see weed* استخراج و در صنایع غذایی استفاده می‌کنند، کدام است؟
 (۱) بتا گلوکان (۲) دکستران (۳) فورسلاران (۴) گزانتان
- ۱۵ - ترکیبات غیر پلی ساکاریدی در مواد فیبری غذاها کدام است؟
 (۱) فورسلاران (۲) همی سلولز (۳) پکتین (۴) لیگنین
- ۱۶ - اسولوز به قندی اطلاق می‌شود که حاوی
 (۱) گروه آلدئیدی و کتونی باشد. (۲) دو گروه کتونی
 ۱۷ - توسط روش متیلاسیون قندهای الیگوساکارید می‌توان
 (۱) به وجود قندها پی برد (۲) به درجه پلی‌مریزاسیون آن‌ها پی برد
 (۳) محل اتصال را مشخص نمود (۴) نوع اتصال را مشخص نمود
- ۱۸ - در هیدرولیز گلیکوژن به وسیله اسید رقیق، قندهای حاصل کدامند؟
 (۱) دکسترین و مالتوز (۲) گلوکز و دکسترین (۳) دکسترین، گلوکز، مالتوز (۴) مالتوز و گلوکز، ساکارز
- ۱۹ - محلول فهلینگ.....
 (۱) باعث احیا گلوکز می‌شود. (۲) باعث اکسید شدن گلوکز می‌شود.
 (۳) با سوربیتول ترکیب می‌شود. (۴) سوربیتول را اکسید می‌کند
- ۲۰ - کدام یک از قندهای زیر در ساختمان صمغ عربی شرکت دارند.
 (۱) واحدهای گالاکتوز (۲) آرابینان و گالاکتان
 (۳) واحدهای گالاکتوز ۴ - سولفات (۴) آرابینوز، رامنوز، گالاکتوز، اسید گلوکورونیک
- ۲۱ - ساختمان کریستالی سلولز کامل تراز پلی ساکاریدهای مشابه است به همین دلیل
 (۱) قدرت کشش نیز در رشته‌های سلولز بیش تر است.
 (۲) پلاستیسیته آن نیز بیش تر از پلی ساکاریدهای مشابه است.
 (۳) حجیم شدن نیز بیش تر از پلی ساکاریدهای دیگر است.
 (۴) پیوندهای شیمیایی بین واحدهای گلوکز از نوع (۴ → ۱) β می‌باشد.
- ۲۲ - واحد کریستال ذر مولکول‌های سلولز عبارت است از:
 (۱) CMC (۲) بتا گلوکان (۳) سلوبیوز (۴) بتا گلوکز
- ۲۳ - کربوهیدرات غیر احیا کننده کدام است؟
 (۱) فروکتوز (۲) لاکتوز (۳) مانوز (۴) ساکارز
- ۲۴ - کدام ترکیبات زیر از الیگوساکاریدهای عسل به حساب می‌آید؟
 (۱) آرابینوز (۲) فوکوز (۳) ملی زیتوز (۴) مانوز
- ۲۵ - به عمل الحاق رشته‌های آمیلاز در یک محلول نشاسته که در $4^{\circ}C$ به حداکثر رسیده است و باعث رسوب آن می‌گردد چه می‌گویند؟
 Retrogradation (۴) Precipitation (۳) Agglomeration (۲) Aggregation (۱)

۲۶ - پنتوزان‌ها هتروپلی ساکاریدهایی هستند که ساختمان شیمیایی آنها بیش تر از واحدهای جابه‌جایی تشکیل گردیده‌اند.

(۱) D گزیلوز L آرابینوز
(۲) D گالاکتوز، D گزیلوز، D مانوز

(۳) D گلوکز D گزیلوز L آرابینوز
(۴) D گالاکتوز، L آرابینوز

۲۷ - دی ساکاریدی که از تجزیه و هیدرولیز سلولز به دست می‌آید، کدام است؟

(۱) تورانوز (۲) جنتیوبیوز (۳) سلوبیوز (۴) ایزومالتوز

۲۸ - قند رافینوز در کدام مورد وجود دارد؟

(۱) چغندر قند و نیشکر (۲) حبوبات و نیشکر (۳) حبوبات و چغندر قند (۴) حبوبات، چغندر قند و نیشکر

۲۹ - احیاکنندگی لاکتوز تقریباً با قدرت احیا کنندگی کدام قند برابر است؟

(۱) رافینوز (۲) ساکارز (۳) مالتوتریوز (۴) مانوز

۳۰ - کدام یک از ترکیبات هتروپلی ساکارید است؟

(۱) سلولز (۲) دکستران (۳) نشاسته (۴) همی سلولز

۳۱ - با توجه به این که صمغ‌های طبیعی مواد تشکیل دهنده‌ی ژل و غلیظ کننده محلول در آب هستند، فورسلاران جز کدام دسته

از موارد زیر است.

(۱) دانه‌ای (۲) میکروبی (۳) دریایی (۴) مترشحه

۳۲ - مقاومت نشاسته نسبت به تشکیل ژل را چگونه می‌توان افزایش داد؟

(۱) با افزایش pH و غلظت نشاسته (۲) با ایجاد اتصالات عرضی

(۳) با افزایش نسبت آمیلوپکتین به آمیلوز (۴) با افزایش غلظت نشاسته و کاهش اکتیویته آب

۳۳ - کدام عبارت در تشکیل ژل پکتینی صادق است؟

(۱) افزایش pH و مقدار شکر عوامل مهمی در سفتی ژل هستند.

(۲) کاهش pH نقش مهمی در افزایش تعداد پیوندهای هیدروژنی و سفتی ژل دارد.

(۳) تغییرات pH چندان تاثیری در سفتی ژل نداشته و سفتی ژل بستگی به درجه استریفیکاسیون پکتین دارد.

(۴) تغییرات pH نقش چندان در سفتی ژل نداشته و در سفتی ژل وزن مولکولی و درجه استریفیکاسیون نقش تعیین کننده دارند.

۳۴ - در نشاسته‌ی ذرت مومی نسبت مولکولی آمیلوپکتین به آمیلوز برابر است با.....

(۱) صفر به ۱۰۰ (۲) ۲۵ به ۷۵ (۳) ۷۵ به ۲۵ (۴) ۱۰۰ به صفر

۳۵ - دی ساکاریدهای برگشتی در چه محیطی تشکیل می‌شوند؟

(۱) اسیدی (۲) خنثی (۳) قلیایی (۴) خنثی و دمای بالا

۳۶ - هگزولوز چه قندی است؟

(۱) پنج کربنی با یک گروه آلدیدی (۲) ۶ کربنی از مجموعه کتوزها

(۳) ۶ کربنی از مجموعه آلدوزها (۴) ۶ کربنی با یک گروه آلدیدی و یک گروه کتون

۳۷ - نشاسته‌ی مومی به نشاسته‌ای گفته می‌شود که؟

(۱) طول زنجیر آمیلوز آن بلند باشد.

(۲) درصد آمیلوپکتین آن کم و آمیلوز آن زیاد باشد.

(۳) تقریباً به‌طور کامل از آمیلوپکتین تشکیل یافته باشد.

(۴) تعداد پیوندهای آلفا ۱ - ۶ هر مولکول آمیلوپکتین آن زیاد باشد.

۳۸ - کدام مورد از هیدروکلونیدهای تراویده (ترسجی) گیاهان بوته‌ای در صنایع غذایی به عنوان قوام دهنده و ژله‌ای شونده

می‌باشد؟

(۱) کتیرا (۲) کیتین (۳) کاراگینان (۴) گرانتان

۳۹ - لاکتوز توسط کدام ماده آبکافت (هیدرولیز) نمی‌شود؟

(۱) اسید آلی (۲) اسید کانی (۳) β گالاکتوز یداز (۴) لاکتاز

۴۰ - کدام گزینه ترتیب نمایش صحیح حل پذیری قندهاست؟

(۱) گلوکز > لاکتوز > فروکتوز (۲) گلوکز > فروکتوز > لاکتوز (۳) لاکتوز > گلوکز > فروکتوز (۴) لاکتوز > فروکتوز > گلوکز

۴۱ - در تشکیل ژل پکتین کدام پیوند نقش اساسی دارد؟

(۱) قطبی (۲) آبگریز (۳) هیدروژنی (۴) یونی

۴۲ - کدام گزینه کلاً مربوط به عوامل خارجی موثر بر تشکیل ژل پکتین است؟

(۱) pH، درصد قند، درصد پکتین (۲) pH، درصد پکتین، درصد متیله شدن پکتین

(۳) درصد متیله شدن پکتین، طول زنجیر پلی مر (۴) درصد متیله شدن پکتین، درصد پکتین، طول زنجیر پلی مر

۴۳ - اسید لوولونیک از تجزیه کدام ترکیب حاصل می‌شود؟

(۱) آرابینوز (۲) گزیلوز

(۳) فورفورال (۴) هیدروکسی متیل فورفورال

۴۴ - در ساختمان حلقوی مونوساکاریدها:

(۱) آلفا و بتا مربوط به کربن ماقبل آخر در ساختمان قند است.

دارد.

(۲) آلفا و بتا مربوط به کربن اول و بتا مربوط به کربن دوم است.

(۳) آلفا و بتا مربوط به کربن اول و بتا مربوط به کربن آخر است.

۴۵ - لاکتوز تشکیل شده است از:

(۱) گالاکتوز و فروکتوز با پیوند (۱ → ۴)

(۲) β گالاکتوز و گلوکز با پیوند (۱ → ۴)

(۳) گلوکز و گالاکتوز (۱ → ۴)

(۴) لاکتوز و فروکتوز با پیوند (۱ → ۴)

۴۶ - بر اثر احیا شدن فروکتوز کدام ترکیبات تولید می‌شود؟

(۱) مانیتول و گالاکتول (۲) سوزبیتول و گالاکتول (۳) سوزبیتول و مانیتول (۴) فقط سوزبیتول

۴۷- اسید تراگاناتیک در ساختمان کدام صمغ وجود دارد؟

- (۱) صمغ عربی (۲) صمغ کاراگینان (۳) صمغ کتیرا (۴) صمغ فورسلران

۴۸- از پکتین‌های کم استر در تولید کدام ژله استفاده می‌شود؟

- (۱) اسیدی (۲) معمولی (۳) کم کالری (۴) غذایی

۴۹- ترکیب ورباسکوز

- (۱) ۳ مولکول آلفا گالاکتوز، ۱ مولکول آلفا گلوکز، ۱ مولکول بتا فروکتوز
 (۲) ۲ مولکول آلفا گالاکتوز، ۱ مولکول آلفا گلوکز، ۱ مولکول بتا فروکتوز
 (۳) ۱ مولکول آلفا گالاکتوز، ۲ مولکول آلفا گلوکز، ۱ مولکول بتا فروکتوز
 (۴) ۴ مولکول آلفا گالاکتوز، ۱ مولکول آلفا گلوکز، ۱ مولکول بتا فروکتوز

۵۰- از حرارت دادن اسیدهای معدنی قوی با کدام قند فورفورال تشکیل می‌شود.

- (۱) گزیلوز (۲) فروکتوز (۳) گلوکز (۴) گالاکتوز

۵۱- فورفورال از تجزیه اسیدی کدام قند حاصل می‌شود؟

- (۱) گزیلوز (۲) ساکارز (۳) گلوکز (۴) گالاکتوز

۵۲- ترکیب فورفورال از اثر اسید و حرارت بر روی کدام یک از موارد تولید می‌شود.

- (۱) اسیدهای آمینه (۲) پنتوزها (۳) نشاسته (۴) هگزوزها

۵۳- تولید هیدروکسی متیل فورفورال از اثر اسید و حرارت بر روی کدام است؟

- (۱) اسیدهای آمینه حلقوی (۲) اسیدهای آمینه فاقد گروه آمین

- (۳) پنتوزها (۴) هگزوزها

۵۴- فورفورال از اثر اسید غلیظ بر کدام قندها به دست می‌آید؟

- (۱) آلدوهگزوز (۲) پنتوزها (۳) سلوبیوز (۴) کتوهگزوزها

۵۵- کدام گزینه درست است؟

(۱) اگر آمیلوپکتین نشاسته ذرت خیلی کم باشد به آن ذرت مومی گویند.

(۲) کریستال‌های بتالاکتوز بدون آب عمدتاً به شکل تبرزین هستند.

(۳) مالتودکسترین، محصول ناشی از هیدرولیز نشاسته است که معادل آکی‌والان دکستروز آن کم‌تر از ۲۰ است.

(۴) مقدار پکتین (بر حسب گرم) که با یک گرم قند تشکیل ژل می‌دهد به درجه پکتین معروف است.

۵۶- نشاسته از چه واحدهایی تشکیل شده است؟

- (۱) α گلوکز با پیوند (۱ → ۴) (۲) β گلوکز با پیوند (۱ → ۴)

- (۳) گلوکز و فروکتوز با پیوند (۱ → ۲) (۴) α گلوکز با پیوندهای (۱ → ۴)، (۱ → ۶)

۵۷- در کدام ماده اتصال‌های آلفا (۱ → ۶) و آلفا (۱ → ۲) وجود دارد؟

- (۱) ایزومالتوز (۲) جنتیوبیوز (۳) رافینوز (۴) لاکتولوز

۵۸- پدیده ژلاتینی شدن نشاسته چیست؟

- (۱) تورم غیرقابل برگشت نشاسته در آب
 (۲) رسوب نشاسته بر اثر تغییر PH
 (۳) متیلی شدن واحدهای کوچک پلی ساکارید
 (۴) هیدرولیز پلی ساکاریدها بر اثر واکنش شیمیایی

۵۹- در کدام اسید عامل کربوکسیل فقط از اکسیداسیون عامل کربونیل به وجود آمده است؟

- (۱) D ساکاریک (۲) D سوربیک (۳) D گلوکونیک (۴) D گلوکورنیک

۶۰- نشاسته‌ی کدام محصول با محلول ید به جای رنگ ارغوانی تیره، رنگ قرمز ایجاد می‌کند؟

- (۱) ذرت خوشه‌ای (سورگوم) (۲) ذرت مومی (۳) ذرت معمولی (۴) گندم

۶۱- محلول کدام قند دارای شیرینی کم‌تری است؟

- (۱) DE=70 (۲) DE=65 (۳) DE=40 (۴) DE=25

۶۲- در تشکیل ژل با پکتین کم استر کدام عامل مهم‌تر است؟

- (۱) یون کلسیم (۲) شکر (۳) PH (۴) مقدار پکتین

۶۳- کدام یک از قندهای زیر تلخ می‌باشد؟

- (۱) جنتیوبیوز (۲) رافینوز (۳) گالاکتوز (۴) مانوز

۶۴- تیوگلیکوزید روغن خردل کدام است؟

- (۱) آمیگدالین (۲) هسپریدین (۳) نارنگین (۴) سینگرین

۶۵- کدام یک از قندهای زیر در واکنش تشکیل Osazone شرکت نمی‌کند؟

- (۱) ساکارز (۲) فروکتوز (۳) گلوکوز (۴) لاکتوز

۶۶- مهم‌ترین خاصیت سوربیتول در مواد غذایی چیست؟

- (۱) تولید غذای رژیمی (۲) مقاومت در برابر حرارت (۳) افزایش پیوندهای آبی (۴) سهولت در کلات (شلات) کردن فلزات

۶۷- کیتین چه نوع ماده‌ای است؟

- (۱) پروتئین‌های آمیدی (۲) پروتئین‌های گوگرددار (۳) داکسی قند (۴) قندهای آمین‌دار

۶۸- کدام یک از دی ساکاریدهای زیر دارای پیوند (۶ → ۱) β است؟

- (۱) ایزومالتوز (۲) سلوبیوز (۳) ژنتیوبیوز (۴) مالتوز

۶۹- کدام گزینه در مورد ترکیبات پکتیکی درست نمی‌باشد؟

- (۱) پروتوپکتین پیش‌ساز پکتین و نامحلول در آب می‌باشد.
 (۲) اسید پکتیک پلی مری از اسید گالاکتورونیک بوده و فاقد گروه متیل می‌باشد.
 (۳) اسید پکتیک پلی مری از اسید گالاکتورونیک و دارای مقادیر ناچیزی گروه متیل می‌باشد.
 (۴) پکتین پلی مری از اسید گالاکتورونیک دارای درجات مختلف متیل استر نامحلول در آب می‌باشد.

۷۰- وقتی در قندها یک گروه OH قند با یک اتم H جای‌گزین می‌شود یک شکل می‌گیرد.

- (۱) انیدرید (۲) قند الکلی (۳) قند داکسی (۴) ازولوز

۷۱- اسید گلوکونیک حاصل اکسیداسیون کدام کربن یا کربن‌های گلوکز است؟

- (۱) ۱ (۲) ۵ (۳) ۶ (۴) ۱ و ۶

۷۲- تعداد کربن نامتقارن در گلوکز خطی چندتاست؟

- (۱) ۰ (۲) ۴ (۳) ۵ (۴) ۶

۷۳- متیل هیدروکسی فورفورال در اثر کدام واکنش تولید می‌گردد؟

- (۱) اسید برهگزوزها (۲) اسید برپنتوزها (۳) باز بر روی آلدوهگزوزها (۴) باز برپنتوزها

۷۴- محصول فهلینگ قادر است کدام گروه از قندهای زیر را اکسید کند؟

- (۱) گلوکز، سوربیتول، مانیتول (۲) گلوکز، مانوز، گالاکتوز (۳) گلوکز، سوربیتول، مانوز (۴) مانوز، مانیتول، گالاکتول

۷۵- کدام یک از الیگوساکاریدهای زیر احیا کننده می‌باشد؟

- (۱) لاکتوز (۲) گاماسیکلودکترین (۳) β سیکلودکترین (۴) ساکاروز

۷۶- اثر محلول پکتین بر نور قطبیده (پلاریزه) چیست؟

- (۱) بی‌اثر (۲) چپ‌گرد (۳) راست‌گرد (۴) به میزان قند بستگی دارد.

۷۷- رنگ قهوه‌ای پوسته نان حاصل کدام واکنش است؟

- (۱) تجزیه آسکوربات (۲) میلارد (۳) قهوه‌ای شدن آنزیمی (۴) تجزیه قندها

۷۸- عامل متمایز کننده قند چغندر از نیشکر چیست؟

- (۱) استاکیوز (۲) رافینوز (۳) میزان قند کاهنده (احیاکننده) (۴) تجزیه قندها

۷۹- همی سلولز دارای چه خواصی است؟

- (۱) از اجزای لایه وسطی دیواره سلولی گیاهان و پلی‌ساکارید نشاسته‌ای و سلولزی است.
 (۲) از اجزای ساختاری دیواره سلولی گیاهان و پلی‌ساکارید نشاسته‌ای و سلولزی است.
 (۳) از اجزای ساختاری دیواره سلول گیاهان، پلی‌ساکارید غیر نشاسته‌ای و غیر سلولزی است.
 (۴) از اجزای لایه‌ی وسطی و دیواره سلول گیاهان و پلی‌ساکارید غیر نشاسته‌ای و غیر سلولزی است.

۸۰- رافینوز بوده و از تشکیل شده است.

- (۱) تری ساکارید و گالاکتوز، گلوکز، فروکتوز (۲) تری ساکارید و گلوکز، گلوکز و فروکتوز
 (۳) دی ساکارید، گالاکتوز و فروکتوز (۴) دی ساکارید، گلوکز و گالاکتوز

۸۱- قندهایی که دارای موتاروتاسیون مرکب هستند در حالت تعادل به کدام صورت می‌باشند؟

- (۱) β, α پیرانوز (۲) β, α فورانوز (۳) α پیرانوز و β فورانوز (۴) β, α پیرانوز و فورانوز

پاسخنامه تست‌های فصل اول

- ۱- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۲- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۳- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۴- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۵- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۶- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۷- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۸- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۹- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۱۰- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۱- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۱۲- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۱۳- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۱۴- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۱۵- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۱۶- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۱۷- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۱۸- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۱۹- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۲۰- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۲۱- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۲۲- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۲۳- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۲۴- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۲۵- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۲۶- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۲۷- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۲۸- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۲۹- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۳۰- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۳۱- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۳۲- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۳۳- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۳۴- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۳۵- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۳۶- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۳۷- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۳۸- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۳۹- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۴۰- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۴۱- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۴۲- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۴۳- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۴۴- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۴۵- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۴۶- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۴۷- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۴۸- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۴۹- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۵۰- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۵۱- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۵۲- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۵۳- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۵۴- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۵۵- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۵۶- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۵۷- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۵۸- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۵۹- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۶۰- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۶۱- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۶۲- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۶۳- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۶۴- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۶۵- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۶۶- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۶۷- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۶۸- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۶۹- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۷۰- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۷۱- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۷۲- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۷۳- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۷۴- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۷۵- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۷۶- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۷۷- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۷۸- گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۷۹- گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۸۰- گزینه ۱ صحیح می‌باشد.
- ۸۱- گزینه ۴ صحیح می‌باشد.

فصل دوم

لیپیدها (Lipids)

لیپیدها ترکیباتی هستند که از ارگانسیم‌های زنده قابل استخراج بوده و همگی یک خاصیت مشترک دارند یعنی در آب حل نمی‌شوند و در حلال‌های آلی حل می‌شوند یعنی ترکیباتی هیدروفوب^۱ هستند. لیپیدها طیف گسترده‌ای از ترکیبات هستند که از لحاظ ساختمانی ساده‌تر از کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها می‌باشند. زیرا به صورت واحدهای پلیمری نمی‌باشند.

برای لیپیدها سه عملکرد بیولوژیکی مهم در نظر می‌گیرند:

۱- نقش ساختمانی:

لیپیدها بخش مهمی از غشاهای سلولی در میکروارگانسیم‌ها و ماکروارگانسیم‌ها را تشکیل می‌دهند.

۲- نقش ذخیره‌ای:

لیپیدها به دلیل ساختار فشرده‌تری که نسبت به کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها دارند تامین کننده و ذخیره کننده‌ی مهم انرژی می‌باشند. بطوریکه در مقایسه با حدود 4kcal انرژی آزاد شده به ازای هر گرم کربوهیدرات یا پروتئین متابولیسم شده لیپیدها بیش از 9kcal انرژی آزاد می‌کنند.

۳- نقش‌های متابولیکی:

برخی ویتامین‌ها (A,D,K,E) و برخی هورمون‌ها ساختار لیپیدی دارند.

بسیاری از ترکیبات دیگر هستند که اساس حلالیتشان شبیه لیپیدها می‌باشد، اما به سبب اینکه به هیچ وجه منشأ آنها موجودات زنده نیست جز لیپیدها طبقه‌بندی نمی‌شوند. ضمن اینکه در مقابل، ترکیباتی هستند که از لحاظ حلالیت هیچ شباهتی به لیپیدها ندارند اما جز لیپیدها طبقه‌بندی می‌شوند به عنوان مثال اسیدهای چرب کوتاه زنجیر با وجود حلالیت کامل در آب جز لیپیدها طبقه‌بندی می‌شوند.

معمولاً لیپیدها را بر اساس فرآورده‌های آبکافتشان به سه دسته لیپیدهای ساده، مرکب و مشتق شده تقسیم می‌کنند:

۱- لیپید ساده^۱:

در اثر هیدرولیز این گروه تنها اسید چرب و یک الکل (عمدتاً گلیسرول) آزاد می‌شود. مانند روغن، چربی (تری آسیل گلیسرول)، موم^۲، استر اسیدهای چرب، مونو و دی گلیسریدها (مونو و دی استر اسید چرب)، استر ویتامین‌های محلول در چربی و استر استرول‌ها.

۲- لیپیدهای مرکب^۳:

در اثر هیدرولیز این گروه علاوه بر اسید چرب و الکل حداقل یک ترکیب دیگر آزاد می‌شود. مانند گلیسروفسفولیپیدها، اسفنگوفسفولیپیدها، اسفنگوگلیکولیپیدها و اسیدفسفاتیدیک. این گروه به سبب اینکه دارای جزء فسفاتی یا کربوهیدراتی هستند لیپیدهای قطبی نیز نامیده می‌شوند زیرا هم بخش هیدروفیل و هم بخش هیدروفوب دارند پس دارای خاصیت فعال سطحی می‌باشند.

۳- لیپیدهای مشتق شده^۴:

این دسته ساختاری متفاوت با دو گروه قبل دارند و شامل دو گروه هستند:

الف) دسته‌ای از لیپیدهای مشتق شده که در اثر هیدرولیز لیپیدهای دیگر به وجود می‌آیند مانند اسیدهای چرب آزاد، الکل‌های چرب گلیسرول

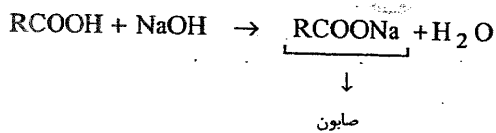
ب) دسته‌ای از لیپیدهای مشتق شده که اساساً ساختمانی مستقل دارند مانند: ویتامین‌های محلول در چربی، استرول‌ها، هیدروکربن‌ها و کاروتنوئیدها

- بنابر تقسیم‌بندی دیگر لیپیدها به دو گروه زیر تقسیم می‌شوند:

الف: لیپیدهای صابونی شونده: شامل لیپیدهای ساده، لیپیدهای مرکب و اسیدهای چرب آزاد و لیپیدها

ب: لیپیدهای غیرقابل صابونی شدن: شامل همه لیپیدهای مشتق شده به جزء اسیدهای چرب آزاد مثل استرول‌ها، کاروتنوئیدها،

توکوفرول‌ها، هیدروکربن‌ها.



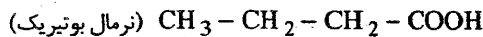
1. Simple lipid
2. Wax
3. Compound lipid
4. Derived lipid

اسیدهای چرب

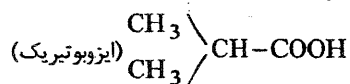
۱- اسیدهای چرب همان اسیدهای آلی هستند. $R-C(=O)-OH$

۲- حداقل دارای 4 کربن می‌باشند.

۳- خطی و یا منشعب هستند.



نکته: در طبیعت بیش‌تر اسیدهای چرب فرم خطی (نرمال) دارند.



۴- عموماً زوج کربن هستند، هرچند انواع فرد کربن هم وجود دارد.

۵- به صورت اشباع و یا غیراشباع می‌باشند. مقدار اسیدهای چرب غیراشباع در طبیعت معمولاً بیش از ۲ برابر اسیدهای اشباع شده می‌باشد.

انواع غیراشباع به دو فرم زیر هستند:

cis ← نامتقارن (در طبیعت عموماً اسیدهای چرب به این فرم‌اند)

Trans ← متقارن

نکته: ایجاد ساختارهای باند دوگانه cis سبب شکست کاملی در زنجیره منظم اسید چرب خواهد شد. بدیهی است که هرچه تعداد باندهای دوگانه افزایش یابد شکست‌های ایجاد شده در زنجیره بیشتر می‌شود و در نتیجه زنجیره کاملاً از فرم مستقیم خود خارج می‌شود. اما باندهای دوگانه trans میزان زاویه کمی در زنجیره ایجاد می‌کنند، پس اسیدهای چرب غیر اشباع ترانس ساختاری شبیه اسیدهای چرب اشباع دارند.

اسیدهای چرب آزاد همانند اسیدهای آلی دارای ساختار کلی $R-C(=O)-OH$ می‌باشند یعنی یک سرکربوکسیلی (قطبی) و یک زنجیره هیدروکربنی غیرقطبی دارند. اما ساختار کلی اسیدهای چرب آزاد بصورت ترکیبی قطبی است پس هگزان که حلالی غیر قطبی است جهت استخراج آنها مناسب نمی‌باشد.

اسیدهای چرب اشباع^۱

در ساختار این گروه تمام ظرفیت‌های کربن توسط هیدروژن اشباع شده است، این دسته همگی دارای ساختار $CH_3 - (CH_2)_n - COOH$ می‌باشند. این گروه نسبت به اسیدهای چرب غیراشباع با تعداد کربن برابر، دارای نقطه‌ی ذوب خیلی بالاتری هستند. فرمول عمومی این گروه $C_n H_{2n} O_2$ می‌باشد.

جهت نام‌گذاری این گروه به طریقه زیر عمل می‌شود:

تعداد اتم‌های کربن به زبان یونانی + آنویک اسید

اسیدهای چرب اشباعی

توضیحات	نام علمی	نام رایج (تجاری)	نماد		
اسیدچرب شاخص کره - توسط اندیس گرشنر اندازه گیری می شود.	بوتانویک اسید	بوتیریک ^۱ اسید	C ₄		
	در روغن نارگیل وجود دارد.	پنتانویک اسید	والریک ^۲ اسید	C ₅	
		هگزانویک اسید	کاپروئیک ^۳ اسید	C ₆	
	اسیدچرب شاخص روغن نارگیل و هسته ی پالم	هپتانویک اسید	انانتیک ^۴ اسید	C ₇	
		اکتانویک اسید	کاپریلیک ^۵ اسید	C ₈	
		نونانویک اسید	پلارگونیک ^۶ اسید	C ₉	
		دکانویک اسید	کاپریک ^۷ اسید	C ₁₀	
		فراوان ترین اسیدچرب اشباع طبیعت	دودکانویک اسید	لوریک ^۸ اسید	C ₁₂
			تتراکانویک اسید	میرستیک ^۹ اسید	C ₁₄
		در ساختار برخی از باکتری ها و به مقدار جزئی در چربی های حیوانی مثل پیه گاو	هگزادکانویک اسید	پالمیتیک ^{۱۰} اسید	C ₁₆
هپتادکانویک اسید			مارگاریک ^{۱۱} اسید	C ₁₇	
اسیدچرب فراوان در چربی ذخیره های حیوانات خشکی زی، پیه، دنبه، لارد، تالو	اکتادکانویک اسید	استئاریک ^{۱۲} اسید	C ₁₈		
اسیدچرب شاخص روغن بادام زمینی	ایکوزانویک اسید	آراشیدیک ^{۱۳} اسید	C ₂₀		
	دوکوزانویک اسید	بهنیک ^{۱۴} اسید	C ₂₂		
	تتراکوزانویک اسید	لیگنوسریک ^{۱۵} اسید	C ₂₄		
	هگزاکوزانویک اسید	سروتیک ^{۱۶} اسید	C ₂₆		

با افزایش تعداد اتم های کربن وزن مولکولی و نقطه ذوب افزایش می یابد، اما خاصیت اسیدی، حلالیت در آب و فراریت کم تر می شود.

1. Butyric
2. Valeric
3. Caproic
4. Enantic
5. Caprylic
6. Pelargonic
7. Capric
8. Lauric
9. Myristic
10. Palmitic
11. Margaric
12. Stearic
13. Arachidic
14. Behenic
15. Lignoceric
16. Cerotic

- اسید بوتیریک اسید چربی است که به هر میزان در آب حل می‌شود. اما در حلال‌های آلی نامحلول است. کاپروئیک اسید نیز به حل شدن در آب بیش از حلال‌های آلی تمایل دارد.

اسیدهای چرب غیراشباع^۱

این گروه در ساختار خود دارای یک و یا تعداد زیادتری باند دوگانه می‌باشند. هر چه تعداد باندهای دوگانه افزایش پیدا کند، نقطه‌ی ذوب این ترکیبات کاهش پیدا می‌کند.

نکته: اسیدهای چرب تک غیراشباعی دو اتم هیدروژن کمتر از اسیدهای چرب اشباع شده با همان تعداد کربن دارند و فرمول عمومی آنها $C_nH_{2n-2}O_2$ می‌باشد از این گروه اولئیک^۲ $C_{18}:1(9)$ و پالمیتولئیک^۳ $C_{16}:1(9)$ از بقیه فراوان‌تر هستند.

- اسیدهای چرب دو غیر اشباعی دارای فرمول عمومی $C_nH_{2n-4}O_2$ هستند و فراوانترین آنها اسید لینولئیک^۴ $C_{18}:2(9,12)$ می‌باشد که از نظر فراوانی از تمام اسیدهای چرب چند غیراشباعی فراوان‌تر است.

- اسیدهای چرب سه غیر اشباعی دارای فرمول عمومی $C_nH_{2n-6}O_2$ می‌باشند و از بین آنها لینولنیک^۵ اسید $C_{18}:3(9,12,15)$ فراوان‌ترین است. این اسید در روغن شاهدانه و بذر کتان^۶ فراوان است. در بین روغنهای خوراکی نیز سویا و روغن کانولا (کلزای اصلاح شده) مقدار نسبتاً بالایی از این اسید چرب دارند.
- چربی‌های ذخیره حیوانی مقدار خیلی کمی از این اسید چرب را دارند اما چربی اسب با دارا بودن حدود 15% اسید لینولنیک در این رابطه یک استثنا است.
- جهت نام‌گذاری اسیدهای چرب غیراشباع از فرمول زیر استفاده می‌شود:

تعداد اتم کربن به یونانی + محل قرار گرفتن باند دوگانه + تعداد باند دوگانه + انوئیک اسید

شماره‌گذاری از انتهای کربوکسیل انجام می‌شود. از علامت Δ دلتا با عددی بالای آن که محل باند دوگانه را نشان می‌دهد، استفاده می‌شود.

از لحاظ فعالیت فیزیولوژیکی محل قرار گرفتن باند دوگانه از انتهای متیل حائز اهمیت است. به این ترتیب نام‌گذاری امگایی یا (n) مرسوم شد. به این ترتیب سه خانواده اسیدچرب از هم تفکیک می‌شوند.

۱- ω_9 یا n_9 : اولین باند دوگانه‌ی این گروه از انتهای متیل بر روی کربن شماره‌ی 9 قرار دارد.

اولئیک اسید $C_{18}:1(9)$ - اروسیک اسید^۷ $C_{22}:1(13)$

۲- ω_6 یا n_6 : اولین باند دوگانه‌ی این گروه از انتهای متیل بر روی کربن شماره‌ی 6 قرار دارد.

1. unsaturated fatty acid
2. Oleic
3. Palmitoleic
4. Linoleic
5. Linolenic
6. linseed
7. Erucic

لینولئیک اسید $C_{18}:2(9,12)$ و گامالینولئیک $C_{18}:3(6,9,12)$ و آراشیدونیک^۱ $C_{20}:4(5,8,11,14)$ (اسیدهای

چرب ضروری)

۳- ω_3 یا n_3 : اولین باند دوگانه از انتهای متیل بر روی کربن شماره‌ی ۳ قرار دارد.

آلفا لینولئیک اسید $C_{18}:3(9,12,15)$ ، کلوپانودونیک^۲ اسید $C_{20}:5(5,8,11,14,17)$ که به اختصار EPA نامیده می‌شود.

• بدن قادر به سنتز اسیدهای چرب خانواده‌ی ω_6 نمی‌باشد. بنابراین این گروه تحت عنوان اسید چرب ضروری^۳ شناخته می‌شوند.

روزانه ۵ گرم از این اسیدهای چرب نیاز است.

امروزه اثرات تغذیه‌ای و درمانی اسیدهای چرب ω_3 ثابت شده است. این گروه بر خلاف ω_6 چندان در طبیعت فراوان نیستند.

بنابراین این گروه را نیز ضروری می‌نامیم.

نکته: هرگاه پیوند دوگانه یا کربن‌های دیگری وارد ساختار اسیدچرب شوند ساختار انتهایی از سمت متیل، ثابت می‌ماند. به همین

دلیل بدن قادر است اسیدلینولئیک را تبدیل به آراشیدونیک کند به عبارت دیگر اگر یک اسید چرب ضروری در بدن باشد بدن

قادر به ساختن بقیه اسیدهای چرب ضروری می‌باشد. همچنین بدن می‌تواند با وارد کردن باند دوگانه در ساختار استتاریک

اسید، آن را تبدیل به اولئیک اسید کند.

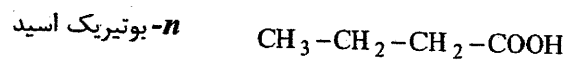
جدول اسیدهای چرب اشباع نشده

نام سیستماتیک	نام رایج	فرمول	توصیف کوتاه
Dec - 9 enoic		$CH_2 = CH.(CH_2)_7.COOH$	10:1
Dodec - 9 - enoic		$CH_3.CH_2.CH = CH.(CH_2)_7.COOH$	12:1
Tetradec - 9 - enoic	Myristoleic	$CH_3.(CH_2)_3.CH = CH.(CH_2)_7.COOH$	14:1
Hexadec - 9 - enoic	Palmitoleic	$CH_3.(CH_2)_5.CH = CH.(CH_2)_7.COOH$	16:1 ω ₉
Octadec - 6 - enoic	Petroselinic	$CH_3.(CH_2)_{10}.CH = CH.(CH_2)_4.COOH$	18:1
Octedec - 9 - enoic	Oleic	$CH_3.(CH_2)_7.CH = CH.(CH_2)_7.COOH$	18:1 ω ₉
Octedec -11 - enoic	Vaccenic	$CH_3.(CH_2)_5.CH = CH.(CH_2)_9.COOH$	18:1
Octedeca - 9:12 - dienoic	Linoleic	$CH_3.(CH_2)_4.(CH = CH.CH_2)_2.(CH_2)_6.COOH$	18:2 ω ₆
Octadeca - 9:12:15 - trienoic	Linolenic	$CH_3.CH_2.(CH = CH.CH_2)_3.(CH_2)_6.COOH$	18:3 ω ₃
Octadeca - 6:9:12 - trienoic	γ -Linolenic	$CH_3.(CH_2)_4.(CH = CH.CH_2)_3.(CH_2)_3.COOH$	18:3 ω ₆
Octadeca - 9:11:13 - trienoic	Elaeostearic	$CH_3.(CH_2)_3.(CH = CH)_3.(CH_2)_7.COOH$	18:3
Docos -11- enoic	Cetoleic	$CH_3.(CH_2)_9.CH = CH(CH_2)_9.COOH$	22:1
Tetracos-15-enoic	nervenic	$CH_3(CH_2)_7.CH = CH(CH_2)_{13}.COOH$	24:1 ω ₉
Octadeca-9:11:13:15 tetra enoic	parinaric	$CH_3(CH_2)_3.(CH = CH)_4(CH_2)_7.COOH$	18:4
Eicos - 9 - enoic	Gadoleic	$CH_3.(CH_2)_9.CH = CH.(CH_2)_7.COOH$	20:1
Eicosa - 5:8:11:14 - tetraenoic	Arachidonic	$CH_3.(CH_2)_4.(CH = CH.CH_2)_4.(CH_2)_2.COOH$	20:4 ω ₆
Eicosa - 5:8:11:14:17- pentanoic acid	EPA	$CH_3.CH_2.(CH = CH.CH_2)_5.(CH_2)_2.COOH$	20:5 ω ₃
Docos - 13 - enoic	Erucic	$CH_3.(CH_2)_7.CH = CH.(CH_2)_{11}.COOH$	22:1 ω ₉
Docasa -4:7:10:13:16:19 - hexaenoic acid	DHA	$CH_3.CH_2(CH = CH.CH_2)_6.(CH_2).COOH$	22:6 ω ₃

- انواع ایزومری در اسیدهای چرب

۱- خطی یا منشعب بودن:

این نوع ایزومری هم در اسیدهای چرب اشباع و هم غیراشباع وجود دارد.

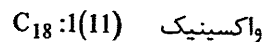


۲- ایزومری وضعیتی - (مکانی):

این نوع ایزومری بر مبنای محل قرار گرفتن باندهای دوگانه می باشد.

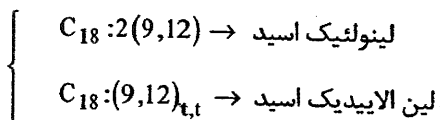
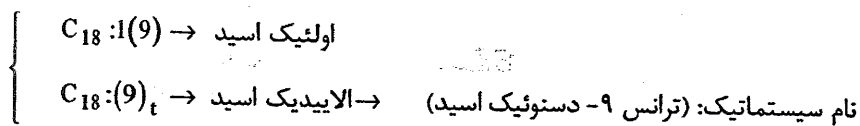


فرمول عمومی این سه اسید چرب: $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$



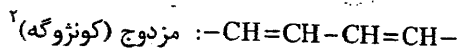
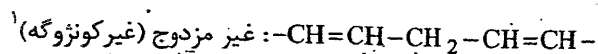
نکته: اسید اولئیک فراوان ترین اسید چرب موجود در طبیعت است.

۳- ایزومری فضایی یا هندسی:



۴- مزدوج یا غیر مزدوج بودن:

هرگاه دو باند دوگانه مجاور هم باشند و فقط یک باند ساده بین آنها وجود داشته باشد، ساختار حاصله از نوع مزدوج است. اما اگر بین دو باند دوگانه حداقل یک گروه متیلن قرار گیرد، ساختار حاصله از نوع غیرمزدوج است.



- اسیدهای چرب طبیعی عموماً ساختار غیرمزدوج دارند، هر چند انواع مزدوج نیز وجود دارد. مثل پاریناریک اسید $C_{18}:4(9,11,13,15)$ و یا النواستاریک اسید $C_{18}:3(9,11,13)$ که ایزومر مزدوج آلفا لینولنیک اسید می‌باشد. کاروتنوئیدها و ترکیبات ساخته شده از آنها مثل ویتامین A (رتینول) ساختار مزدوج دارند و همچنین اسید چرب شاخص هسته انار اسید پونیسیک^۱ که ساختار مزدوج دارد.

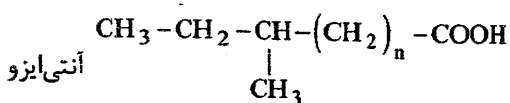
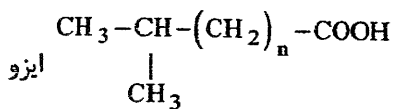
اسیدهای چرب زنجیره منشعب

این گروه از اسیدهای چرب در زنجیره خود دارای شاخه‌های جانبی هستند. وجود شاخه‌های جانبی معمولاً نقطه ذوب این اسیدهای چرب را کاهش و سیالیت آنها را افزایش می‌دهد. از این گروه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

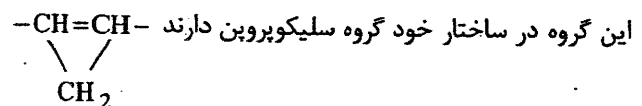
۱- اسیدهای چرب ایزو و آنتی‌ایزو:

هرگاه یک استخلاف متیل بر روی کربن یکی مانده به آخر (از سمت کربوکسیل) وصل شود، اسید چرب حاصل از نوع ایزو و اگر به کربن دو تا مانده به آخر وصل شود اسید چرب حاصل از نوع آنتی‌ایزو می‌باشد. این اسیدها فراوان‌ترین گروه اسیدهای چرب زنجیره منشعب هستند و در ساختار موم‌ها یافت می‌شوند همچنین به مقدار کمی در شیر نیز اسیدهای چرب ایزو یافت می‌شود که منشأ آنها میکروارگانیزم‌های شکمبه می‌باشد.

- معمولاً اسیدهای چرب آنتی ایزو راست‌گردان نوریلاریزه بوده و عمدتاً فرد کربن می‌باشند. مهمترین اسید چرب این گروه اسید ایزوالریک^۲ است که در روغن دلفین یافت می‌شود.



۲- سیلکو پروپنوئید اسیدها:



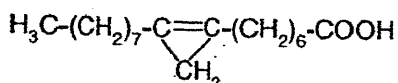
از این دسته می‌توان به مالوالیک و استرکولیک اسید اشاره کرد.

این دسته موجب مثبت شدن واکنش هالفن (تست تشخیص روغن پنبه دانه) می‌گردند.

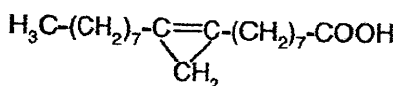
این اسیدهای چرب از لحاظ تغذیه‌ای نامطلوب محسوب شده و وجود آنها در ساختار جیره‌ی مرغ‌های تخم‌گذار موجب صورتی شدن سفیده‌ی تخم‌مرغ می‌گردد.

نکته: تست بلیه ← تشخیص روغن بادام‌زمینی

نکته: تست فورفورال ← تشخیص روغن کنجد



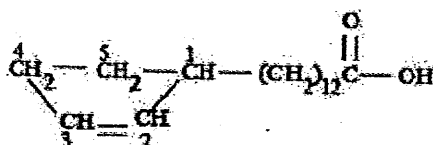
Malvalic acid



Sterculic acid

۳- سیکلپنتنوئید اسیدها:

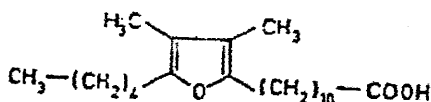
این دسته در ساختار خود گروه سیکلپنتن دارند. از این گروه می‌توان به هیدنوکاریبیک و شولمگریک اسید اشاره کرد که همگی راست گردان نورپلاریزه هستند. این اسیدهای چرب در درمان جذام کاربرد دارند. شولمگریک اسید چربی ۱۸ کربنه و تک غیر اشباع و هیدنوکاریبیک اسید چربی ۱۶ کربنه و تک غیر اشباع است.



شولمگریک

۴- فورانوئید اسیدها:

در ساختار خود حلقه‌ی فوران دارند. در روغن جگر ماهی‌های چرب، حضور دارند.



۵- هیدروکسی اسیدها:

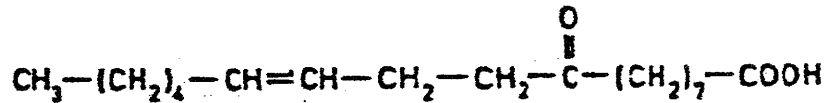
در زنجیره‌ی جانبی خود دارای گروه هیدروکسیل (OH) هستند.

ریسینولئیک اسید (اسید چرب شاخص روغن کرچک) ۱۲ هیدروکسی ۹ اکتادسنوئیک اسید (12OH, C₁₈:1(9)) از این دسته می‌باشد این اسید چرب بیش از ۹۰ درصد ترکیب اسیدهای چرب روغن کرچک را تشکیل می‌دهد.

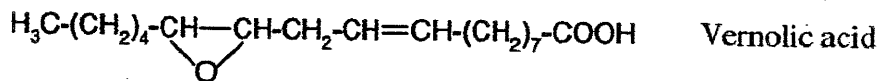
نکته: ریسینولئیک فراوانترین اسید چرب و نیز اسید چرب شاخص روغن کرچک می‌باشد.

- این گروه توانایی ایجاد پیوندهای هیدروژنی را علاوه بر پیوندهای تاهیدروفوب دارند. به همین علت می‌توانند ویسکوزیته‌ی روغن‌ها را شدیداً افزایش دهند به خاطر وجود کربن‌ها متقارن در موقعیت شماره ۱۲، ریسینولئیک از لحاظ نورپلاریزه فعال بوده و راست گردان نور پلاریزه است.
- هیدروکسی اسید دیگر سربرونیک اسید می‌باشد که در ساختار لیپیدهای مرکب (اسفنگوگلیکولپیدها) یافت می‌شود.
- از پلیمریزه شدن هیدروکسی اسیدها کوتین به دست می‌آید که نوعی موم است.

۶- کتواسیدها: دارای ساختار کتنی هستند، مانند اسید لیکانیک در چربی شیر



۷- اپوکسی اسیدها: دارای عامل اپوکسی هستند، مانند ورنولیک اسید که مشتق اپوکسی اسید اولئیک می باشد.



نکته: سه گروه اخیر (هیدروکسی اسیدها، کتواسیدها و اپوکسی اسیدها) به سبب دارا بودن اکسیژن در ساختار خود تحت عنوان اکسی اسیدها شناخته می شوند.

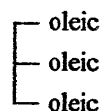
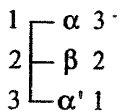
- لیپیدهای ساده

۱- تری گلیسریدها: (روغن ها و چربی ها)

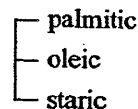
این دسته استر اسیدهای چرب (3 عدد اسیدچرب) با الکل تری ال گلیسرول می باشند. به ازای هر پیوند استری تشکیل شده یک مولکول آب آزاد می شود.

در طبیعت به فرم عادی در منابع روغنی تری گلیسرید سنتز می شود. اما همواره مقادیری مونو و دی گلیسرید نیز وجود دارد، در ساختار مونو و دی گلیسریدها به ترتیب یک و دو اسید چرب استری شده وجود دارد و بقیه هیدرولیز شده اند یعنی مثلاً مونو گلیسریدها دارای یک اسید چرب استری شده و دو گروه هیدروکسیل می باشند.

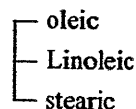
در فرمول فیشر عموماً گروه هیدروکسیل شماره ۱ و ۲ گلیسرول را در سمت چپ کربن رسم می نمایند.



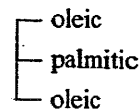
تری اولئین



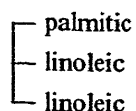
β اولئوپالمیتو استئارین



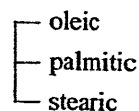
β لینولئواستئاراولئین



β پالمیتودی اولئین



α پالمیتودی لینولئین



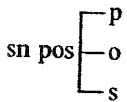
β پالمیتو استئاراولئین

نکته: در مولکول تری گلیسرید ممکن است هر سه اسید چرب شرکت کننده از یک نوع باشد، که در این صورت تری گلیسرید ساده

است. در غیر این صورت تری گلیسرید از نوع مختلط است. عموماً در طبیعت تری گلیسریدها از نوع مختلط اند.

در ساختار ۱- مونوگلیسریدها، تمامی ۱,۲ دی گلیسریدها و ۳,۱ دی گلیسریدهای دارای استخلافهای غیر یکسان و تمامی تری گلیسریدهایی که در موقعیت ۳,۱ استخلاف غیر یکسان دارند، کربن شماره ۲ تبدیل به کربن کایرال می‌شود در این حالت گلیسریدها دارای ایزومرهای انانتیومرفیکی هستند.

هرگاه در نام‌گذاری تری گلیسرید sn آورده شود وضعیت ترتیب قرارگیری اسیدهای چرب در موقعیت مختلف گلیسرول مشخص است:

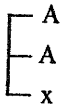
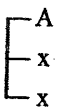


اما اگر پشوند sn حذف شود وضعیت فضایی مولکول نامشخص و راسمیک می‌شود به عبارتی وضعیت راسمیک شدن یعنی اسید چرب موجود در موقعیت β ثابت است اما ۲ موقعیت دیگر جابه‌جا می‌شود.

توزیع اسیدهای چرب در بین موقعیت‌های مختلف، یک تری گلیسرید به طرق مختلفی انجام می‌شود. نوع اسیدهای چرب استخلاف شده در موقعیت‌های مختلف حتی از لحاظ تغذیه‌ای کاملاً اهمیت دارد.

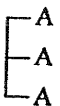
- به‌عنوان مثال مصرف تری گلیسرید (sn OPO) در مقایسه با (sn POO) کلسترول خون را بسیار افزایش می‌دهد.
- جهت شناسایی نوع اسیدهای چرب در یک روغن از گاز کروماتوگرافی^۱ (G.C) استفاده می‌شود. اما جهت تشخیص اسیدهای چرب استخلاف شده در موقعیت‌های مختلف یک تری گلیسرید از HPLC^۲ (کروماتوگرافی با کارایی بالا) استفاده می‌شود.
- خواص تری گلیسریدها بر اساس نوع اسیدهای چرب آنها و نیز نحوه توزیع اسیدهای چرب در آنها تعیین می‌شود.
- جهت تعیین نحوه توزیع اسیدهای چرب در موقعیت‌های مختلف تری گلیسرید، در ابتدا از قواعد ریاضی استفاده می‌شود. اما بعدها اساس کار بر مبنای مکانیزم بیوشیمیایی گلیسریدها شد. در این مورد تئوری‌های مختلفی ارائه شده است:

۱- تئوری توزیع یکسان: بر اساس این تئوری هر اسید چرب تا حد امکان بین موقعیت‌های گلیسرول توزیع می‌شود به این ترتیب اگر میزان اسید چرب معینی تا ۳۵٪ وزن مولی تری گلیسرید باشد، حداقل یک مرتبه در ساختار تری گلیسرید به صورت Ax_2 توزیع می‌شود



اگر میزان اسید چرب A بین ۳۵٪ تا ۷۰٪ وزن مولی تری گلیسرید باشد، تری گلیسرید به صورت (A_2x) می‌شود.

و تنها در صورتی که نسبت مولی اسید چرب A از ۷۰٪ بیش‌تر باشد، تری گلیسرید حاصله (A_3) می‌شود.



1. Gas Chromatography

2. High performance Liquid chromatography

۲- تئوری توزیع کاملاً تصادفی^۱:

برطبق این تئوری نحوه قرار گرفتن اسیدهای چرب در گلیسریدها کاملاً اتفاقی است. بر این اساس مقادیر تری گلیسرید ساده‌ی A₃ با مکعب درصد حضور آن اسید چرب تناسب دارد. مثلاً اگر درصد حضور اسید چرب A برابر 20% باشد، 0.8% امکان تشکیل تری گلیسرید از نوع A₃ وجود دارد.

$$(0.2)^3 = 0.8 \%$$

۳- تئوری توزیع تصادفی محدود یا (1 و 3 رندوم، 2 رندوم)^۲

برطبق این تئوری شانس استخلاف اسیدهای چرب در موقعیت 1 و 3 تری گلیسرید کاملاً یکسان است و بین این دو موقعیت اسید چرب کاملاً تصادفی توزیع می‌شود. اما وضعیت استخلاف در موقعیت ۲ متفاوت است. به این ترتیب که توزیع اسید چرب در ساختمان تری گلیسرید به گونه‌ای انجام می‌شود که تری گلیسرید حاصل تا حد ممکن در شرایط داخل بدن^۳ سیال باقی بماند. نکته: بر این مبنا در موقعیت β ابتدا اسیدهای چرب غیراشباع تر cis و در ادامه انواع کوتاه زنجیره قرار می‌گیرند.

- در روغن‌های نباتی فراوان‌ترین اسید چرب موقعیت β اسید لینولئیک (C₁₈:2) است.
- در چربی‌های حیوانی نیز انواع غیراشباع تر به موقعیت β منتقل می‌شوند. البته لارد یک استثنا می‌باشد زیرا در این چربی در موقعیت β اسید پالمیتیک قرار گرفته است پس اکثر گلیسریدهای پیه خوک را انواع USU تشکیل می‌دهند.
- در چربی پرندگان نیز غیر اشباعیت، عامل تعیین کننده محل قرارگیری اسید چرب است. به این ترتیب که اسید چرب غیراشباع تر به موقعیت β می‌رود (SUS).
- در چربی حیوانات دریایی طول زنجیره عامل کنترل کننده است. یعنی اسید چرب کوتاه تر به موقعیت β منتقل می‌شود.

S: saturated fatty Acid

U: un saturated fatty Acid

فراوان‌ترین نوع تری گلیسرید در منابع نباتی انواع SUU و SUS می‌باشند. زیرا میزان اسیدهای چرب غیراشباع فراوان تر از انواع اشباع است.

با توجه به متفاوت بودن اسیدهای چرب، تری گلیسریدهای متفاوتی برای یک چربی می‌توان در نظر گرفت. تعداد کل ترکیبات ممکن حاصل از استری شدن اسیدهای چرب با گلیسرول از رابطه n^3 بدست می‌آید که n نشانگر تنوع اسیدهای چرب است. مثلاً اگر دو نوع اسید چرب داشته باشیم $2^3 = 8$ فرم تعداد کل تری گلیسریدهای ممکن است و اگر ایزومرهای نوری در نظر گرفته نشوند (یعنی هر جفت ایزومر فقط یک حالت تشخیص داده شود) تری گلیسریدهای ممکن از رابطه $\frac{n^3 + n^2}{2}$ بدست می‌آید که در این حالت معادل

1. Random distribution

2. 1,3 Random , 2-random distribution

3. in vivo

$\frac{2^3 + 2^2}{2} = 6$ می‌شود و اگر تمام ایزومرهای ممکن را در نظر نگیریم تعداد تری‌گلیسریدها از رابطه $\frac{n^3 + 3n^2 + 2n}{6}$ بدست می‌آید که

در این حالت $\frac{2^3 + 3 \cdot 2^2 + 2 \times 2}{6} = 4$ می‌شود.

توجه: تعداد ایزومرهای هندسی اسیدهای چرب از رابطه 2^n بدست می‌آید که n تعداد باندهای دوگانه می‌باشد.

منابع روغنی:

چربی شیر	}	حیوانات خشکی زی	}	- حیوانی
چربی ذخیره‌ای				
دریایی ← چربی ذخیره‌ای				
میوه ← پالم - نارگیل - زیتون و ...				}
دانه ← سویا - کلزا - گلرنگ و ...					- نباتی

۱- چربی شیر:

شاخص این گروه کره است. چربی با قیمت بالا بوده و مقادیر نسبتاً زیادی اسید چرب کوتاه زنجیر فرار دارد. تنوع اسید چرب این گروه بالاست. به علت انجام عملیات بیوهیدروژناسیون توسط میکروارگانیسم‌ها در شکمبه‌ی نشخوارکنندگان بر روی اسیدهای چرب خورده شده‌ی دام، $\frac{1}{4}$ کل اسیدهای چرب غیراشباع شیر یعنی 8.6٪ از نوع اسیدهای چرب ترانس هستند. اولئیک و استئاریک و پالمیتیک فراوان‌ترین اسیدهای چرب موجود در شیر می‌باشند.

نکته: مقدار اسید بوتیریک موجود در چربی شیر بین ۱۵-۲ درصد می‌باشد اما به سبب اینکه صرفاً در شیرنشخوارکنندگان یافت می‌شود پس این اسید چرب شاخص کره می‌باشد.

جهت تفکیک کره از مارگارین از اندیس رایشر - مایسل استفاده می‌شود این تست مجموع اسید بوتیریک و کاپروئیک یعنی اسیدهای چرب فرار محلول در آب را تعیین می‌کند اما اگر روغن اضافه شده به کره روغن نارگیل باشد، این تست جواب نمی‌دهد و باید از اندیس کرشنر استفاده کرد. زیرا روغن نارگیل دارای مقداری اسید کاپروئیک است.

• شیرهای تابستانه به علت تغذیه دام از علوفه‌ی سبز دارای اندیس یدی و بتا کاروتن بالایی بوده و بنابراین رنگ آن‌ها زردتر می‌باشد و خواص پیش‌ویتامینی آن‌ها هم بیش‌تر است.

نکته ۱: $\frac{1}{3}$ (34 درصد) اسیدهای چرب شیر از نوع غیر اشباع و $\frac{2}{3}$ (حدود 64 درصد) آن اسیدهای چرب اشباع می‌باشد.

نکته ۲: اسید اولئیک مهمترین اسید چرب اشباع نشده شیر می‌باشد که به تنهایی 40-30 درصد کل اسیدهای چرب را تشکیل می‌دهد.

نکته ۳: اسید پالمیتیک مهمترین اسید چرب اشباع شده از لحاظ مقدار در شیر می‌باشد.

۲- چربی ذخیره‌ای حیوان خشکی زی:

ترکیب چربی بدن حیوانات مختلف خشکی به نوع و نژاد و غذای داده شده به دام بستگی دارد. این گروه به طور عمده شامل چربی پیه خوک (لارد^۱) و چربی پیه گاو و گوسفند (تالو^۲) می‌باشد.

این دسته دارای اشباعیت بالایی می‌باشند. (اندیس یدی پایینی دارند) اولئیک، پالمیتیک و استئاریک، اسیدهای چرب اصلی این گروه هستند. معمولاً نقطه ذوب بالایی دارند که ناشی از مقدار بالای اسیدهای چرب اشباع و تری‌گلیسریدهای سه اشباعی آنهاست. هر چه ارتفاع جغرافیایی محل نگهداری دام بالاتر باشد، چربی اشباع‌تر می‌شود. در مورد چربی ذخیره‌ای اسب مقادیری اسید لینولنیک (C₁₈:3(9,12,15) وجود دارد که ناشی از تغذیه چراگاهی این حیوان است.

چربی این گروه از دو منبع تأمین می‌شود:

۱- چربی درون‌زا: ناشی از متابولیسم کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها می‌باشد.

۲- چربی برون‌زا: با اعمال تغییراتی از چربی رژیم غذایی بدست می‌آیند.

۳- چربی حیوانات دریایی:

این دسته عموماً بیش از ۲۰ اتم کربن داشته و معمولاً شدیداً غیراشباع هستند. معمولاً بین ۴ تا ۶ باند دو گانه دارند. اندیس یدی این گروه بین ۱۱۰ تا ۲۰۰ می‌باشد. اصولاً هرگاه در یک چربی اسید چربی با بیش از سه باند دوگانه حضور داشت به احتمال زیاد آن چربی منشأ دریایی دارد.

• چربی‌های این گروه شدیداً به اتواکسیداسیون حساس هستند و صرفاً پس از هیدروژناسیون و تصفیه قابل استفاده هستند. همچنین در این گروه مقادیری اسید چرب فرد کربن و منشعب هم‌دید می‌شود. چربی ماهی‌های آب شیرین معمولاً از نوع تک غیراشباع با ۱۶ تا ۱۸ اتم کربن می‌باشد، در حالی که چربی ماهی‌های آب شور، اسیدهای چرب چند غیراشباع ۲۰ تا ۲۲ کربنه دارد.

نکته: اسیدهای چرب تک غیراشباعی \Rightarrow MUFA Mono Unsaturated Fatty Acid

اسیدهای چرب چند غیراشباعی \Rightarrow PUFA Poly Unsaturated Fatty Acid

چربی‌های نباتی

این دسته یا از بخش گوشتی میوه (چربی پوششی) و یا از دانه استحصال می‌شوند. ترکیب چربی دانه‌های روغنی با ترکیب اسید چرب به‌دست آمده از قسمت‌های دیگر گیاه روغنی کاملاً متفاوت است. به‌عنوان مثال چربی به‌دست آمده از برگ‌های گیاه کلزا فاقد اروسیک اسید است، در حالی که این اسید چرب شاخص روغن کلزا می‌باشد.

این دسته بر اساس ترکیب اسید چرب‌شان طبقه‌بندی می‌شوند:

۱- گروه اسید اروسیک C₂₂:1(13)

این گروه شامل روغن کلزا و روغن خردل^۱ و روغن تیره‌ی شب‌بویمان می‌باشند. روغن کلزا دارای 25% تا 40% اسید اروسیک است. ثابت شده، اسید اروسیک جهت سلامتی بدن مضر است. بنابراین توسط اصلاح نژاد واریته‌های کلزا با اسید اروسیک پایین^۲ LEAR به بازار عرضه شده است که در این حالت مقدار اسید اروسیک به 1% تا 5% کاهش یافته است. کاهش میزان اسید اروسیک به معنای افزایش مقدار اسید اولئیک در روغن است. به این ترتیب این روغن در دمای اتاق ویسکوزیته‌ای پایین‌تر از روغن کلزا خواهد داشت.

در روغن کلزا علاوه بر اسید اروسیک مقادیری اسید چرب کم‌مقدار C₂₀:1(11) (ایکوز 11 انوییک اسید) وجود دارد. در روغن کلزا حدود 8% تا 9% اسید لینولنیک وجود دارد، به این ترتیب روغن کلزای با اروسیک پایین شبیه روغن سویا می‌باشد. علاوه بر اروسیک اسید در کلزا یک ترکیب مضر دیگر، تحت عنوان گلوکوزینولات وجود دارد که در دام ایجاد گواتر می‌کند (این ترکیب در کنجاله باقی می‌ماند). این ترکیب نیز توسط اصلاح نژاد حذف گردید و واریته کانولا^۳ به بازار عرضه شد که علاوه بر اروسیک پائین، فاقد گلوکوزینولات نیز می‌باشد.

۲- گروه اولئیک - لینولئیک:

فراوان‌ترین و بزرگ‌ترین دسته‌ی روغن‌های خوراکی می‌باشد. روغن‌زیتون - گلرنگ - پنبه دانه - آفتاب‌گردان - میوه پالم - کنجد - دانه‌ی انگور - بادام زمینی و ... جزء این گروه می‌باشند روغن‌های این گروه معمولاً دارای اسیدهای چرب غیر اشباع زیادی هستند و مقدار اسیدهای چرب اشباع آنها عموماً کمتر از ۲۰ درصد است.

A- روغن زیتون^۴:

بالاترین میزان اسید اولئیک را بین روغن‌ها دارد (پایین‌ترین میزان اولئیک مربوط به روغن نارگیل است).

• روغن زیتون از دسته‌ی روغن‌هایی است که بدون تصفیه مصرف می‌شود و صرفاً توسط عملیات مکانیکی (پرس سرد) از میوه‌ی زیتون استحصال می‌گردد این روغن هم برای سرخ کردن و هم برای سالاد مناسب است.

• روغن زیتون اسکوالن^۵ بالایی دارد و همین می‌تواند شاخص این روغن باشد. این روغن به سبب تک غیراشباعی بودن و دارا بودن اسید اولئیک بالا، نسبت به اتواکسیداسیون مقاوم است ولی مانند هر میوه‌ی روغنی دیگری به سبب رطوبت بالا و فعالیت زیاد آنزیم لیپاز به لیپولیز حساس است و به سرعت اسید چرب آزاد آن افزایش می‌یابد. بنابراین آن را بر حسب اسید چرب آزاد طبقه‌بندی می‌کنند.

B- روغن کنجد^۶:

علاوه بر مقدار زیادی توکوفرول آنتی‌اکسیدانی بسیار قوی و طبیعی دیگری تحت عنوان سزامول دارد.

1. Mustard
2. Low Erucic Acid Rapeseed
3. Canola
4. Olive oil
5. Squalene
6. Sesame

• روغن کنجد یک روغن سالاد طبیعی است و نیازی به زمستانه کردن ندارد و بدون تصفیه کردن به مصرف می‌رسد. پایدارترین روغن در مقابل اکسیداسیون می‌باشد. ترکیبی تحت عنوان 5Δ اوناسترول^۱ در کنجد وجود دارد که در حرارت سرخ کردن عمل آنتی اکسیدانی دارد.

C- روغن بادام زمینی^۲:

با وجود دارا بودن 82% غیراشباعیت مقاومت اکسایشی خوبی دارد. علاوه بر این به دلیل طعم مطلوبی که دارد به بسیاری از روغن‌های سرخ کردنی دیگر ترجیح داده می‌شود.

D- روغن آفتابگردان^۳:

روغن مطلوبی جهت سرخ کردن و تهیه سالاد است. روغن آفتابگردان در حالت عادی حدود 30 درصد اولئیک و 60 درصد لینولئیک دارد اما امروزه روغن آفتابگردان اصلاح نژاد شده به بازار عرضه شده که تحت عنوان روغن آفتابگردان با اولئیک بالا مطرح است که اولئیک آن از 80 درصد بالاتر است.

E- روغن گلرنگ^۴:

بالاترین درجه‌ی غیراشباعیت را در بین تمام روغن‌های خوراکی دارد. زیرا بیشترین میزان اسید میزان لینولئیک را دارد 78% (C₁₈:2) و حدود 1% نیز اسید لینولئیک دارد. (C₁₈:3)

F- روغن پالم^۵:

از قسمت گوشتی میوه پالم بدست می‌آید و کاملاً با روغنی که از مغز هسته پالم بدست می‌آید متفاوت است. 48% اسید پالمیتیک دارد به همین علت در برخی طبقه‌بندی‌ها در گروه دیگری موسوم به گروه اسید پالمیتیک قرار می‌گیرد به سبب اشباعیت بالا (بیش از 50%) مصرف آن خطرات نکته‌ی قلبی و افزایش چربی خون را در پی دارد. سرشار از β کاروتن است. به طوری که در فرم خام رنگی نارنجی دارد و لزوماً پیش از مصرف باید تصفیه شود. جهت غیرفعال شدن آنزیم لیپاز، بلافاصله پس از برداشت میوه آن را بخاردهی می‌کنند که این عملیات اصطلاحاً استریلیزاسیون نامیده می‌شود.

G- روغن پنبه دانه^۶:

این روغن محصول جنبی پنبه می‌باشد.

73% غیراشباعی دارد. فرم هیدروژنه نشده آن برای سرخ کردن مناسب است. فرم زمستانه شده آن جهت تهیه روغن سالاد و یا مایونز مناسب است.

• دارای مقداری ترکیب آنتی‌اکسیدانی نامطلوب به نام گوسیپول^۷ می‌باشد که باید طی فرآیند تصفیه از روغن حذف شود.

1. Δ5 Avenasterol
2. Peanut
3. Sun flower
4. Sea flower
5. Palm
6. Cotton Seed
7. Gossypol

H- روغن ذرت!

محصول جنبی کارخانه تهیه نشاسته و گلوتن از ذرت است. فیتوسترول و توکوفرول بالایی دارد.

۳- گروه لینولنیک:

این روغن‌ها معمولاً از گیاهان یکساله بدست می‌آیند و به دلیل بالا بودن غیر اشباعیت به راحتی دچار اتواکسیداسیون می‌شوند، حتی در درجات پائین اتواکسیداسیون مستعد پدیده برگشت طعم هستند.

- شاخص این گروه روغن سویا است که حدود ۹ درصد اسیدلینولنیک دارد. همچنین روغن بزرک (دانه کتان)، روغن شاهدانه^۲ و جوانه گندم را نیز جزء این گروه قرار می‌دهند. روغن سویا اصلی‌ترین روغن خوراکی جهان است. سویا مقدار زیادی پروتئین دارد (در سویا مقدار پروتئین دو برابر چربی موجود است) در نتیجه کنجاله‌ی سویا به‌عنوان یک منبع پروتئینی خوب مطرح است.
- روغن بزرک به سبب دارا بودن حدود 50 درصد اسید لینولنیک از دسته‌ی روغن‌های خشک شونده می‌باشد. روغن‌هایی که میزان اسیدهای چرب چند غیراشباعی آنها بیش از $\frac{2}{3}$ کل اسیدهای چرب آن باشد تحت عنوان روغن‌های خشک شونده^۲ نامیده می‌شوند. (کاربرد در تولید رنگ‌های روغنی)

۴- گروه کره کاکائو:

وجه مشخصه این گروه کره کاکائو است. چربی بسیار اشباع شده است. کره کاکائو از هسته‌ی لوبیای کاکائو به‌دست می‌آید و به طرز

منحصر به فردی تنها از سه اسید چرب پالمیتیک، اولئیک و استئاریک $\left[\begin{matrix} P \\ O \\ S \end{matrix} \right]$ در مقادیر نسبتاً یکسان تشکیل شده است.

کره کاکائو محدوده‌ی ذوبی بسیار باریکی دارد به این ترتیب چربی مناسبی جهت شکلات‌سازی است. این گروه نقطه ذوبی حدود $30-40^{\circ}\text{C}$ دارند و هنگام ذوب شدن در دهان احساس خنکی مطلوبی دست می‌دهد.

ترکیب اسیدهای چرب کره کاکائو بسیار شبیه پیه گاو می‌باشد. اما نقطه‌ی ذوب کره کاکائو پایین‌تر بوده و محدوده‌ی ذوبی باریکی دارد در حالیکه در پیه گاو هم نقطه‌ی ذوب بالا است و هم محدوده‌ی ذوبی گسترده است.

علت این امر توزیع متفاوت اسیدهای چرب در این دو محصول است. به‌طوری‌که در کره کاکائو 80% تری‌گلیسریدها از نوع $\left[\begin{matrix} S \\ U \\ S \end{matrix} \right]$

می‌باشد، در حالی‌که در پیه گاو 30% $\left[\begin{matrix} S \\ U \\ S \end{matrix} \right]$ و 30% $\left[\begin{matrix} S \\ S \\ S \end{matrix} \right]$ و 40% تری‌گلیسریدهای دیگر است.

1. Maize
2. Hemp Seed
3. Drying oil
4. Cocoa Butter

• اصولاً در مورد عناصر خالص نقطه ذوب به راحتی قابل اندازه گیری می باشد اما در مورد ترکیبات پیچیده ای مثل تری گلیسریدها که از چند اسید چرب تشکیل شده اند اصطلاح محدوده ذوب صحیح تر است. زیرا ذوب این ترکیبات در دمایی آغاز می شود و تا دمای بالاتری ادامه می یابد که به آن محدوده ذوب می گویند. هر چه فاصله بین این دو عدد کمتر باشد اصطلاحاً بیان می شود که محدوده ذوب باریک تر بوده است. در مورد این ترکیبات نقطه ذوب به دمایی گفته می شود که عملیات ذوب تکمیل شود. توجه شود که بین نقطه ذوب و محدوده ذوب هیچ رابطه ای وجود ندارد به این معنا که ممکن است در مورد ترکیبی نقطه ذوب بالا باشد ولی محدوده ذوب آن باریک باشد و یا محدوده ذوب گسترده بوده و نقطه ذوب پایین باشد.

۵- گروه اسیدلوریک:

اسید چرب شاخص این گروه، لوریک اسید است مقدار اسید لوریک آنها حدود 50-40 درصد است و اسیدهای زنجیره کوتاه زیادی دارند. شامل روغن نارگیل و روغن هسته پالم^۱ و روغن باباسو^۲ می باشند. این دسته بسیار اشباع شده هستند و محدوده ذوبی بسیار باریکی دارند.

نارگیل دارای بالاترین میزان اشباعیت بین تمام روغن ها است به طوریکه 90 تا 94 درصد اسیدهای چرب آن ها اشباع است. و پایین ترین اولئیک اسید را در بین روغن ها دارد، این روغن به سبب اشباعیت زیاد به اتواکسیداسیون مقاوم است. اما قبل از روغن کشی مانند هر روغن دیگری که از میوه ها استحصال می گردد به سبب رطوبت بالایی که دارد به لیپولیز حساس است. هسته پالم دارای اشباعیت کمتری نسبت به روغن نارگیل می باشد.

مومها^۳ - (یک اسید چرب + یک الکل مونوآل)

مومها از دسته لیپیدهای ساده (قابل صابونی شدن) هستند که استر اسیدهای چرب طویل زنجیر و الکل های چرب مونوهیدریک (R-OH) یا وزن مولکولی بالا می باشند. اسید چرب شرکت کننده در ساختار مومها عمدتاً اشباع شده است. به همین علت این ترکیبات در برابر اتواکسیداسیون مقاوم بوده و در مقابل صابونی شدن از خود مقاومت نشان می دهند.

نکته: اصطلاح الکل های چرب به الکل های آلیفاتیک (خطی) و طویل زنجیر اطلاق می شود که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

ستیل الکل $C_{16}H_{33}OH$

استاریل الکل $C_{18}H_{37}OH$

اولئیل الکل $C_{18}H_{35}OH$

مومها ترکیباتی جامد با نقطه ذوب بالا ($60 - 80^{\circ}C$) می باشند. این دسته در طی عملیات زمستانه کردن^۴ باید از روغن خارج شوند. زیرا در روغن های سالاد که در یخچال نگهداری می شوند ایجاد کدورت و یا تیرگی می کنند روغن آفتابگردان و ذرت به سبب دارا بودن موم زیاد باید قبل از استفاده به عنوان روغن سالاد، زمستانه شوند. مومها دو دسته کلی هستند:

1. Palm Kernel
2. Babassu
3. waxes
4. Winterization

- ۱- مومهایی که کوتیکول برگ یا میوه را تشکیل می‌دهند و به‌عنوان محافظت‌کننده‌ی محصول در برابر تبخیر آب و ورود میکروارگانیسم عمل می‌کنند. مثل موم کارنوبا که جهت پولیش کردن میوه‌ها به کار می‌رود و از نخل کارنوبا به‌دست می‌آید و یا موم آفتاب‌گردان که ساختار آن به‌صورت سروتیل سروتات^۱ می‌باشد.
- ۲- مومهایی که توسط حشرات تولید می‌شوند. مثل موم زنبور عسل که از ترکیب اسید پالمیتیک با الکل‌های 24 تا 36 کربنه حاصل می‌شود. و یا لانولین که از چربی پشم گوسفند حاصل می‌شود و در صنایع بهداشتی و آرایشی کاربرد دارد.

دی‌آل لیپیدها:

این گروه جزء ترکیبات قابل صابونی شدن بوده و شامل دو اسید چرب و الکی دی ال مثل اتیلن گلیکول و یا بوتان دی‌آل و یا پروپان دی‌آل هستند. مقادیری از این لیپیدها در ساختار بدن ستاره‌ی دریایی یافت می‌شود. مشخص شده که میزان این ترکیبات در بدن این جانوران در فصل تابستان بسیار افزایش می‌یابد.

- لیپیدهای مرکب:

در ساختار این گروه علاوه بر اسید چرب و الکل حداقل یک ترکیب دیگر نیز وجود دارد و شامل موارد زیر است:

اجزاء لیپیدهای مرکب

نام ترکیب	جزء غیرلیپیدی	اسید چرب	نوع الکل
گلیسروفسفولیپید	فسفریک اسید	اسید چرب	گلیسرول
اسفنگوفسفولیپید	فسفریک اسید	اسید چرب	اسفنگوزین
گلسیرو گلیکولیپید	کربوهیدرات	اسید چرب	گلسیرو
اسفنگوفسفولیپید	کربوهیدرات	اسید چرب	اسفنگوزین

- فسفولیپیدها

(A) گلیسرو فسفولیپید:

این دسته ترکیبات لیپیدی هستند که در آن‌ها اسید فسفریک از یک سو با گلیسرول و از سوی دیگر با یک ترکیب بازی مثل کولین - اتانل آمین - سرین - اینوزیتول و یا یک گلیسرول دیگر استری شده است که در این حالت آخری فسفاتیدیل گلیسرول ایجاد می‌شود که همانند لسیتین و سفالین می‌باشد با این تفاوت که به جای کولین و اتانول آمین یک مولکول گلیسرول با اسید فسفریک استری شده است.

نکته: به ترکیب اسیدچرب و اسیدفسفریک با گلیسرول اسید فسفاتیدیک گفته می‌شود. در نتیجه این‌گروه استرهای اسید فسفاتیدیک می‌باشند.

• ترکیبات کولین، اتانل آمین، سرین و... بازهایی از تدار هستند که دارای بار مثبت می‌باشند. اسید فسفریک نیز بار منفی دارد. از سوی دیگر اسیدهای چرب، بخش‌های غیرقطبی فسفولیپیدها می‌باشند. به این ترتیب در این گروه تماماً بخش‌های قطبی (آبدوست) و غیرقطبی (آبگریز) وجود دارند. به این ترکیبات اصطلاحاً آمفی‌پاتیک^۱ می‌گویند اما به طور کلی فسفولیپیدها جزء لیپیدهای قطبی محسوب می‌شوند.

مهم‌ترین فسفولیپیدها شامل موارد زیر است:

(الف) فسفاتیدیل کولین (لسیتین)

(ب) فسفاتیدیل اتانول آمین (سفالین)

(ج) فسفاتیدیل سرین

(د) فسفاتیدیل اینوزیتول

تمام روغن‌ها و چربی‌ها دارای مقادیری از فسفولیپیدها می‌باشند. میزان این ترکیبات در چربی‌های نباتی خام، بالا و در انواع حیوانی خام، پایین است. این ترکیبات باید در پروسه‌ی تصفیه‌ی روغن حذف گردند. مرحله‌ای که این عملیات در آن انجام می‌شود صمغ‌گیری است به طوری که پس از عمل تصفیه مقدار آنها تقریباً صفر می‌شود.

• به علت اینکه فسفولیپید استخراج شده از برخی روغن‌ها از لحاظ اقتصادی حایز اهمیت است عملیات صمغ‌گیری عموماً در مرحله روغن‌کشی انجام می‌گیرد.

روغن سویا دارای فسفولیپید زیادی است (حدود 2-3 درصد) پس لزوماً باید صمغ‌گیری گردد. روغن ذرت، پنبه‌دانه و آفتاب‌گردان نیز صمغ‌گیری می‌شوند.

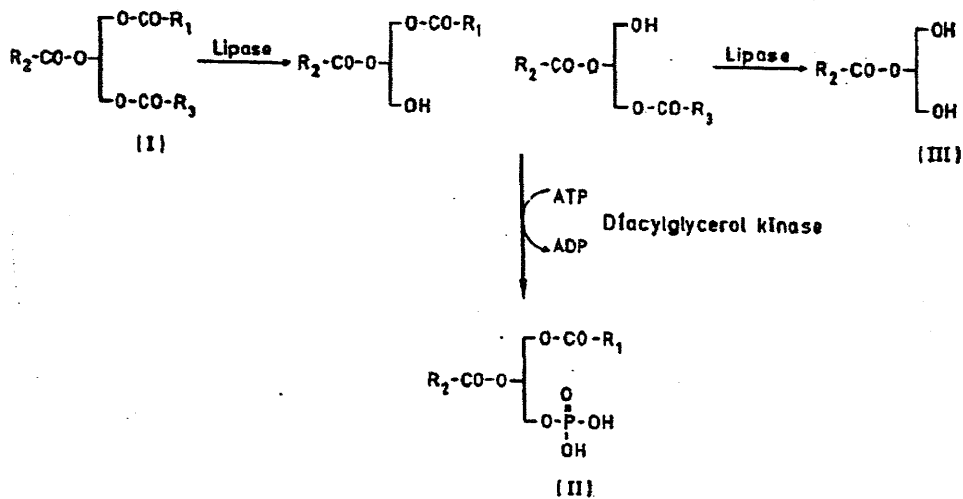
• بیش‌ترین فسفولیپید استخراج شده از سویا فسفاتیدیل اتانل آمین (سفالین) است. فسفولیپیدهای سویا شامل حدود 65 درصد سفالین و 35 درصد لسیتین است.

لسیتین نام معمولی برای فسفاتیدیل کولین است اما اصطلاح لسیتین تجاری برای بیان کلیه فسفولیپیدها و لیپیدهای قطبی دیگر به کار می‌رود. لسیتین نقش مهمی در پایدارسازی امولسیون‌ها دارد. مخصوصاً لسیتین خام که از روغن سویا و زرده تخم‌مرغ حاصل می‌شود.

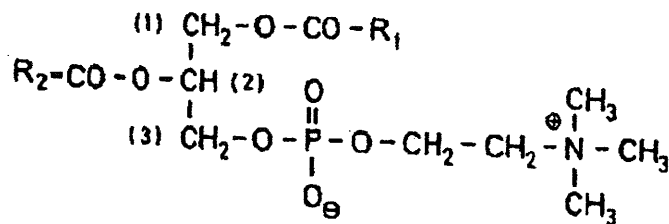
• برخلاف موم‌ها اسیدهای چرب شرکت‌کننده در ساختار فسفولیپیدها بسیار غیراشباع‌اند. در نتیجه بسیار مستعد اتواکسیداسیون هستند. اسیدهای چرب شرکت‌کننده در ساختمان فسفولیپید یک روغن با اسید چرب خود آن روغن کاملاً متفاوت است. مثلاً فسفولیپیدهای شیر فاقد اسیدهای چرب کوتاه زنجیر هستند.

توجه: در شیر اسیدهای چرب کوتاه زنجیر فراوان هستند در حالیکه فسفولیپیدهای شیر فاقد اسیدهای چرب کوتاه زنجیر هستند (اندیس صابونی در فسفولیپیدهای شیر پایین است)

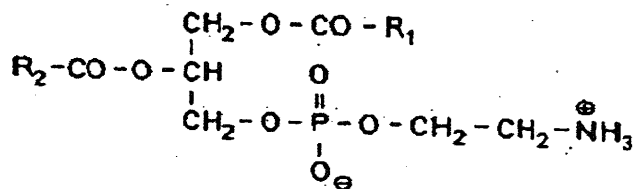
هرگاه گروه فسفات به موقعیت شماره‌ی 1 یا 3 گلیسرول وصل شود به آن ساختار α لسیتین و اگر به موقعیت شماره‌ی 2 وصل شود β لسیتین اطلاق می‌گردد اما لسیتین‌های طبیعی عمدتاً دارای ساختار آلفا می‌باشند. β لسیتین قابلیت هیدراته شدن به اندازه α لسیتین را ندارد و این موضوع در فرایند صمغ‌گیری روغن اهمیت دارد.



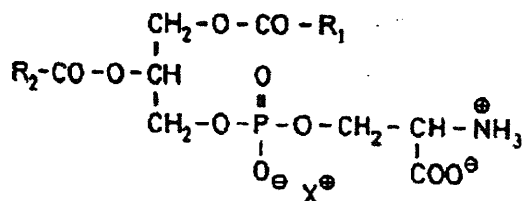
شکل ۱-۲: ساختمان عمومی یک اسید فسفاتیدیک و مراحل تبدیل تری‌اسیل گلیسرول به آن



شکل ۲-۲: ساختمان شیمیایی لسیتین



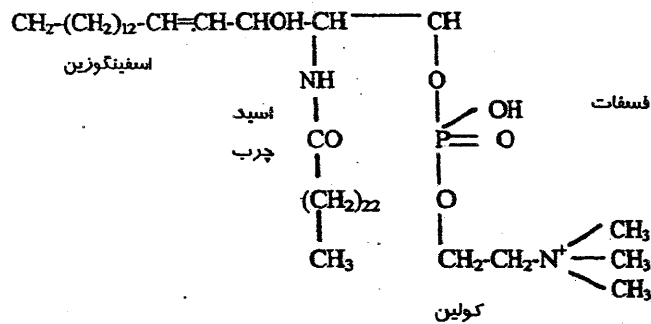
شکل ۲-۳: ساختمان شیمیایی سفالین



شکل ۲-۴: ساختمان شیمیایی فسفاتیدیل سرین

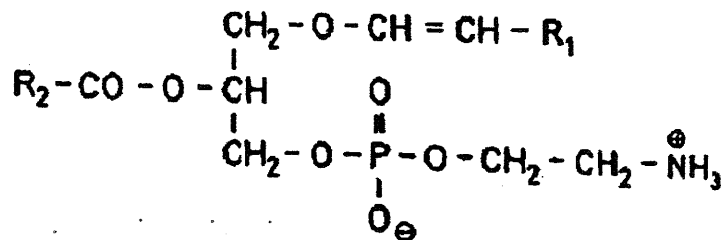
(B) اسفنگو فسفولیپید:

در ساختار این دسته به جای گلیسرول یک الکل آمینه به نام اسفنگوزین^۱ حضور دارد بنابراین اسیدهای چرب به جای استری شدن با گلیسرول، به وسیله پیوندی آمیدی به گروه آمین اسفنگوزین متصل شده‌اند. ترکیب اسفنگوزین و اسید چرب را به وسیله پیوند آمیدی سرآمید گویند. این گروه در غشای سلول‌های گیاهی و حیوانی و به ویژه بافت‌های عصبی فراوان هستند. فراوان‌ترین اسفنگولیپیدها، اسفنگومیلین^۲ است که در آن اسید فسفریک از یک طرف با گروه هیدروکسیل اسفنگوزین و از سوی دیگر با کولین استری شده است.



شکل ۵-۲: ساختار اسفنگوفسفومیلین

(C) پلاسمالوژن‌ها: در ساختار این گروه به جای یک اسید چرب، یک آلدئید چرب حضور دارد. پلاسمالوژن‌ها ۱۰ درصد فسفولیپیدهای مغزی و عضلات را تشکیل می‌دهند و بیش‌تر در غشای عضلانی و عصبی دیده می‌شوند.



شکل ۶-۲: ساختمان شیمیایی پلاسمالوژن‌ها

گلیکولیپیدها:

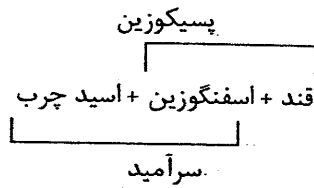
در ساختار این ترکیبات علاوه بر اسید چرب و الکل جزء دیگری وجود دارد که یک قند است و شامل گروه‌های زیر می‌باشد:

(A) گلیسرولگلیکولیپید: در ساختمان این گروه دو عدد اسید چرب و گلیسرول و یک قند که عموماً گالاکتوز است حضور دارد.

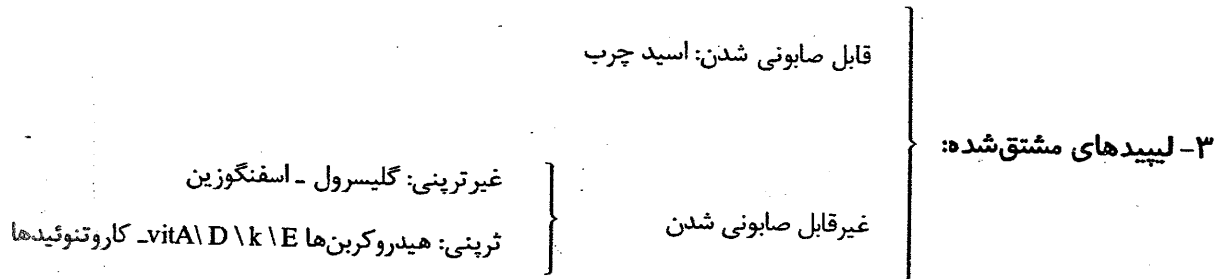
(B) اسفنگوگلیکولیپید: از این گروه سربروزید^۴ حایز اهمیت است که ساختاری خنثی دارد. اسید چربی که در ساختار این دسته

شركت می‌کند معمولاً سربرونیک است که یک هیدروکسی اسید می‌باشد.

1. Sphingosine
2. Sphingomyelin
3. Plasmalogen
4. Cerebroside



(گالاکتوز + اسفنگوزین + اسیدچرب): سربروزید



ترکیبات تریپنوئیدی موادی هستند که همگی دارای واحدهای ساختاری 5 کربنه‌ای به نام ایزوپرن^۱ (متیل بوتادی‌ان) می‌باشند. براساس اینکه این ترکیبات دارای چند واحد ایزوپرن هستند تقسیم‌بندی در آنها صورت می‌گیرد:

- ۱- انواعی که دارای 10 اتم کربن بوده و دو واحد ایزوپرن دارند مونوترین نامیده می‌شوند، مثل: لیمونن یا ماده عطری پوست مرکبات.
- ۲- آنهایی که دارای 20 اتم کربن بوده و دارای چهار واحد ایزوپرن می‌باشند و دی‌ترین نام دارند. مثل: ویتامین A یا فیتول الکل موجود در کلروفیل.
- ۳- انواعی که دارای 30 اتم کربن هستند و شش واحد ایزوپرن دارند و تری‌ترین نامیده می‌شوند. مثل: ویتامین E، استروئیدها.
- ۴- آنهایی که دارای 40 اتم کربن هستند که دارای هشت واحد ایزوپرن می‌باشند و تترا تریپنوئید نام دارند مثل بیشتر کاروتنوئیدها.

• لیپیدهای مشتق شده ترکیباتی هستند که در تمام روغن‌ها و چربی‌ها حضور دارند. در ساختار این گروه اتصالات استری بین اسید چرب و الکل وجود ندارد. این گروه عموماً جزء ترکیبات غیرقابل صابونی شدن روغن‌ها هستند. البته از این گروه اسیدهای چرب آزاد جزء دسته ترکیبات صابونی شونده هستند.

روغن‌های مختلف در حدود 0.8 تا 1.5 درصد ترکیبات غیرقابل صابونی شدن دارند. اما در روغن‌هایی مثل کبد ماهی مقدار این ترکیبات بسیار بیش‌تر است.

ترکیبات غیرقابل صابونی شدن شامل موارد زیر است:

۱- استرول‌ها:

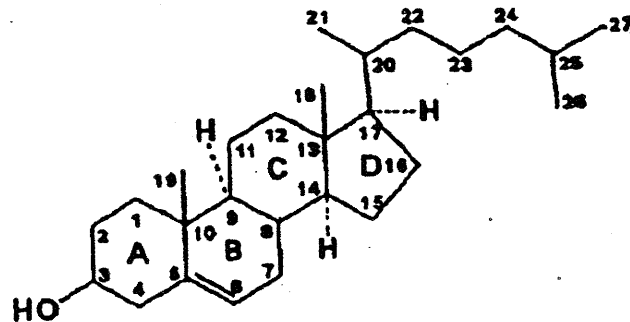
استرول‌ها فراوان‌ترین دسته ترکیبات غیرقابل صابونی شدن روغن‌ها و چربی‌ها را تشکیل می‌دهند این گروه الکل‌هایی به فرم کریستالی و دارای نقطه ذوب بالا هستند.

از گروه ترکیبات استروئیدی (تری‌ترینوئید) می‌باشند. یعنی ترکیباتی که همگی دارای حلقه‌ی مرکزی سیکلوپنتانوپر هیدرو فنانترن می‌باشند. از این نظر این ترکیبات با ویتامین D و هورمون‌های جنسی و اسیدهای صفراوی دارای ساختاری مشترک می‌باشند. اختلاف این ترکیبات با هم در تعداد و محل باند دو گانه و ماهیت زنجیره‌ی جانبی آنها است.

استروئیدهایی که یک گروه OH (هیدروکسیل) به کربن شماره‌ی سه آنها متصل است و یک زنجیره‌ی جانبی دارای 7 تا 8 اتم کربن به کربن شماره‌ی 17 آنها متصل باشد، استرول نامیده می‌شوند.

نکته: در ساختار استرول‌ها پیوندهای موجود در حلقه‌ی B و C و D همگی ترانس هستند، اما حلقه‌ی A گاهی سیس و گاهی ترانس می‌باشد.

• به استرول‌های گیاهی فیتواسترول^۱، استرول جانوری زئواسترول و میکروبی میکواسترول اطلاق می‌گردد.

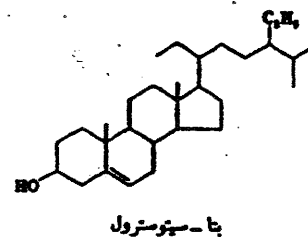
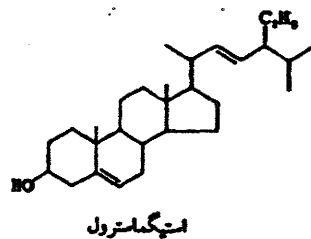
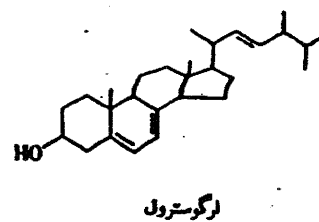
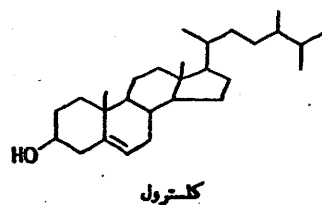


شکل ۷-۲: ساختار استرول‌ها

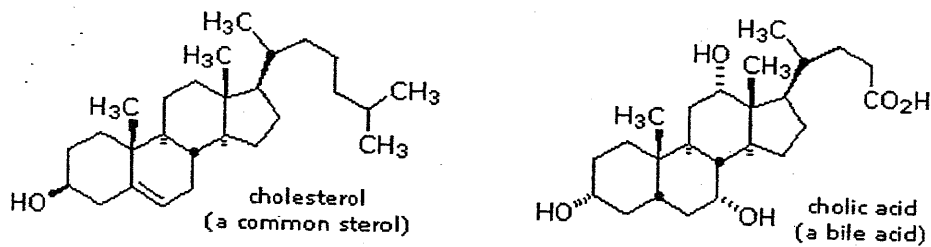
تمام روغنهای گیاهی دارای حداقل سه و حداکثر چهار نوع فیتواسترول هستند، از دسته فیتواسترول‌ها فراوان‌ترین و مهم‌ترین آن‌ها β سیتواسترول^۲ است. هم‌چنین می‌توان به استیگمماسترول^۳ و کمپسترول^۴ اشاره کرد. در روغن کلزا و کانولا پراسیکاسترول جایگزین استیگمماسترول شده است.

از نسبت $\frac{\text{استیگمماسترول}}{\text{کمپسترول}}$ جهت تعیین کره کاکائوی قلبی استفاده می‌شود. به این ترتیب که عدد حاصله مربوط به کره

کاکائوی قلبی خیلی پایین‌تر از کره کاکائوی طبیعی است.



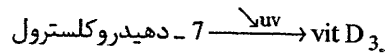
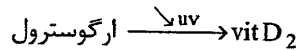
1. Phytosterol
2. β -sitosterol
3. stigmasterol
4. Campesterol



شکل ۸-۲: ساختار برخی از استرولها

از دسته‌ی استرول‌های جانوری می‌توان به کلسترول و لانوسترول^۱ (پیش‌ساز کلسترول) اشاره کرد. کلسترول فراوانترین استرول جانوری است.

- ارگوسترول^۲ استرولی است که در قارچ‌ها و مخمرها یافت می‌شود و در حلقه‌ی B ساختاری مزدوج دارد که در اثر نور ماورای بنفش این حلقه باز می‌شود و در نتیجه ارگوسترول تبدیل به ویتامین D₂ می‌گردد. به طریقه‌ی مشابهی ترکیب 7-دهیدروکلسترول تبدیل به ویتامین D₃ می‌گردد.



نکته: تعیین نقطه‌ی ذوب استات استرول‌ها روشی جهت تفکیک استرول‌های نباتی از حیوانی است. به این ترتیب که نقطه‌ی ذوب استات کلسترول (114°C) پایین‌تر از استات فیتوسترولها (136-137°C) است.

جهت اندازه‌گیری استرول‌ها از رسوب دادن آن‌ها با محلول الکلی دی‌ژیتونین استفاده می‌شود که به این ترتیب در ترکیب با استرول‌ها به صورت دی‌ژیتونید رسوب می‌کند.

در این رسوب یک مولکول الکل و یک مولکول استرول وجود دارد که آن را به صورت وزنی تعیین می‌کنند. اما در این حالت تنها استرول‌های آزاد تعیین می‌شوند. جهت تعیین استرول‌های استری شده با اسید چرب آن‌ها را بوسیله‌ی صابونی کردن آزاد می‌کنند. بدین ترتیب تمام استرول‌ها وارد فاز غیرصابونی می‌شوند، میزان آن‌ها را محاسبه کرده تقاضل آن‌ها از استرول‌های آزاد بی‌انگر استرول‌های استری شده است. به وسیله معرف لیبرمن - بورشارد به روش کلریمتری این ترکیبات را اندازه‌گیری می‌کنند.

۲- هیدروکربن‌ها

هیدروکربن‌ها از دسته ترکیبات غیرقابل صابونی شدن روغن‌ها هستند که معمولاً بین 11-35 اتم کربن دارند و به صورت خطی یا حلقوی و اشباع و یا غیراشباع و فرد یا زوج می‌باشند. یکی از انواع مهم این گروه اسکوالن است که ساختاری خطی دارد. اسکوالن ترکیبی بی‌رنگ، شدیداً غیر اشباع، طولیل زنجیر و تری‌ترین می‌باشد و ساختار آن به صورت C₃₀H₅₀ است. علت بی‌رنگ بودن این

1. Lanosterol
2. Ergosterol

ماده غیر مزدوج بودن پیوندهای آن است. به سبب این که در روغن زیتون خیلی بیشتر از سایر روغن‌های گیاهی وجود دارد یکی از شاخص‌های روغن زیتون است. گرانیل گرانول هم یکی از الکل‌های ترپنیک است که از گروه هیدروکربن‌ها می‌باشد.

ویژگی‌های فیزیکی تری‌گلیسریدها

ویژگی‌های فیزیکی که تعیین کننده‌ی خواص کاربردی روغن‌ها و چربی‌ها می‌باشد، بستگی به ساختار شیمیایی آنها دارد. تفاوت روغن‌ها و چربی‌ها در این است که چربی‌ها در دمای اتاق جامدند، جامد بودن آن‌ها به سبب حضور مقدار معینی بخش جامد کریستالی در آن‌ها می‌باشد. به عبارتی این بلورها یک شبکه‌ی سه بعدی را تشکیل می‌دهند که فاز مایع را در خود در بر می‌گیرد. نسبت فاز جامد به مایع پلاستیسیته‌ی یک روغن را تعیین می‌کند. عموماً مقدار فاز جامد در چربی‌های خوراکی بین 10 تا 30 درصد است. چربی‌ها مشخصات جامدی خود را تا حداقل 10% فاز جامد حفظ می‌کنند و از آن پایین‌تر به فرم مایع در می‌آیند. اگر دما از حد معینی بیش‌تر شود، فاز سیال غالب شده و محصول روان می‌گردد. اما با کاهش دما، بلورهای جامد غالب می‌گردند و محصول سفت و شکننده می‌گردد.

محدوده‌ی دمایی که در آن چربی‌ها نه زیاده از حد سخت و نه زیاده از حد نرم می‌باشند، دامنه‌ی انعطاف‌پذیری یا گستره‌ی پلاستیکی چربی نامیده می‌شود.

در چربی‌ها کریستال‌های جامد توسط نیروهای ضعیف واندروالسی به هم متصل‌اند، به این ترتیب در اثر تنش این پیوندها به راحتی شکسته می‌شوند و ویسکوزیته محصول کاهش می‌یابد. هرگاه پس از خاتمه‌ی تنش، محصول برای مدتی به حال خود رها شود، بخشی از پیوندهای از دست رفته مجدداً تشکیل می‌شوند و قسمتی از ویسکوزیته‌ی اولیه‌ی خود را به دست می‌آورد. اما از آن جایی که قسمتی از پیوندها برای همیشه از بین رفته‌اند، هیچ‌گاه به ویسکوزیته‌ی اولیه‌ی خود نمی‌رسد، چنین محصولی را یک سیال تیکسوتروپیک^۱ می‌نامند.

پلی‌مورفیسم^۲ (چند ریختی شدن)

هرگاه یک چربی حرارت داده شده، ذوب شود و سپس به آرامی سرد گردد، ویسکوزیته‌ی بالاتر از چربی اولیه خواهد داشت، ضمن این که در این حالت نقطه‌ی ذوب چربی سرد شده از چربی اولیه بالاتر است.

علت این امر وجود داشتن بیش از یک شکل بلور است که به این پدیده پلی‌مورفیسم اطلاق می‌گردد به عبارت دیگر پلی‌مورفیسم به این معناست که ترکیبی با ساختار شیمیایی یکسان دارای چند شکل کریستالی و در نتیجه چند نقطه ذوب باشد. در واقع پلی‌مورفیسم ناشی از اختلاف در شیوه‌ی قرار گرفتن مولکول‌ها در بلورهای چربی می‌باشد.

تری‌گلیسریدها عمدتاً در سه شکل کریستالی α و β' و β و یک فرم آمورف یا γ استقرار پیدا می‌کنند. البته فرم γ نقطه‌ی ذوبی بسیار پایین دارد و به سرعت ذوب شده تبدیل به فرم α می‌گردد.

همواره تبدیل کریستال‌ها به هم از پایداری کم‌تر به پایداری بالاتر می‌باشد ($\beta \rightarrow \beta' \rightarrow \alpha \rightarrow \gamma$) این پدیده مونوتروپیسیم^۳ نام دارد.

$$\gamma < \alpha < \beta' < \beta$$

نقطه‌ی ذوب - دانسیته

1. Tixotropic
2. polymorphism
3. Monotropism

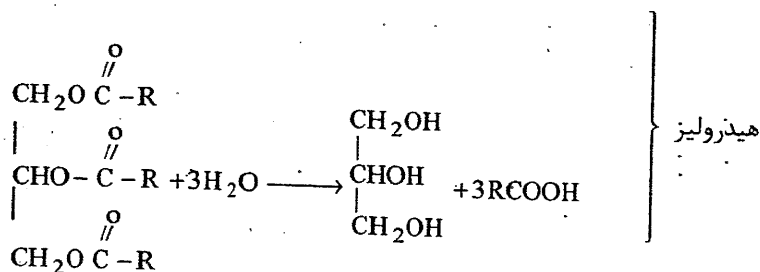
- بعضی مواقع در هنگام نگهداری چربی تغییراتی در کریستالیزاسیون آن رخ می‌دهد که ممکن است، برای تهیه‌ی محصولی مثل شکلات مناسب نباشد. لذا در شکلات سازی برای تهیه‌ی کریستال پایدار فرآیندی تحت عنوان **tempering** انجام می‌دهند. به این ترتیب که ابتدا کره کاکائو را گرم می‌کنند و آن‌گاه فرآیند سرد کردن آن به گونه‌ای انجام می‌شود که کریستال‌های حاصله در بهترین فرم کریستالی کره کاکائو یعنی β_2 آرایش یابند.

- رسیدیتی روغن‌ها

هر نوع تغییر طعم و بو و مزه‌ی روغن‌ها به صورت کنترل نشده تحت عنوان رسیدیتی نامیده می‌شود.

<p>A - لیپولیز در حضور لیپاز (تند شدن) B - اسیدی در حضور اسید (مایونز) C - قلیایی در حضور قلیا (بیسکویت کرم‌دار) D - حرارت ۱- در بی‌بو کننده‌ها ۲- تهیه‌ی تجاری گلیسرین</p>	}	<p>۱- هیدرولیتیک در حضور آب</p>	}	رسیدیتی
<p>A - اتواکسیداسیون B - فتواکسیداسیون C - اکسیداسیون آنزیمی (لیپوکسی ژناز) D - β اکسیداسیون - اکسیداسیون کتونی</p>	}	<p>۲- اکسیداتیو در حضور اکسیژن</p>		

الف - رسیدیتی هیدرولیتیک



هرگاه در حضور آب اتصالات استری گلیسریدها هیدرولیز گردد، اسیدهای چرب آزاد تشکیل می‌شود. این عمل رسیدیتی هیدرولیتیک نامیده می‌شود. درابتدا، هیدرولیز ناکامل بوده و منجر به ایجاد دی‌گلیسریدها و مونوگلیسریدها می‌شود و سپس گلیسرول و اسید چرب تولید می‌گردد البته واکنش برگشت پذیر است و اگر مواد از محیط خارج نشوند در نهایت بین آنها تعادل برقرار می‌شود. صرفاً در حضور آب، این فرآیند به کندی انجام می‌شود. بنابراین در میوه‌های روغنی این واکنش با استفاده از آنزیم لیپاز، کاتالیز و تسریع می‌شود که در این صورت **لیپولیز یا تند شدن** نامیده می‌شود.

• پدیده لیپولیز متداول ترین نوع رنسدیتی هیدرولیتیک در منابع روغنی خام می باشد. از آنجایی که طی پروسه استخراج و تصفیه روغن، آنزیم لیپاز دنا توره می گردد (طی مرحله Cooking پرکها قبل از پرس و نیز در صورت تصفیه طی مرحله بی بو کردن) پس پدیده لیپولیز در روغن های تصفیه شده چندان اهمیتی ندارد. در اثر فعالیت این آنزیم اسیدهای چرب آزاد تشکیل می گردند و به این ترتیب نقطه دود روغن ها کاهش می یابد و کیفیت طبخی (سرخ کردن) آن ها نیز کاهش خواهد یافت. به همین علت (فعال بودن بیش از حد این آنزیم) میوه های روغنی به فرم خام قابل نگهداری نیستند. البته انجام فرآیند لیپولیز در فرآورده های لبنی مرسوم تر است و در فرآورده های مثل پنیر جزء ضروری از تشکیل پنیر است که نوعی لیپولیز مفید محسوب می شود اما وقوع همین پدیده در کره نوعی قساد است. توجه شود که لیپاز طبیعی شیر مقاومت حرارتی کمی دارد و به سادگی در اثر فرآیند پاستوریزاسیون غیرفعال می شود پس اصولاً در فرآورده های لبنی، لیپولیز توسط لیپاز میکروبی انجام می شود.

• لیپازها فقط در سطح مشترک آب و روغن عمل می کنند بنابراین هرچه قطر قطرات روغن کوچکتر باشد به سبب افزایش سطح، فعالیت لیپاز تشدید می شود به همین علت لیپولیز در شیرهای هموژن شده با شدت بیشتری انجام می شود.

برخی لیپازها گزینش گری مکانی دارند. به عنوان مثال لیپاز پانکراتیک ترجیحاً پیوندهای استری در موقعیت های 1,3 را هیدرولیز می کند به این ترتیب محصول آن 2- مونوگلیسرید خواهد بود. اما لیپاز پانکراتیک و لیپاز شیر در مورد اسیدهای چرب مختلف گزینش گر نیستند ولی به عنوان مثال لیپاز حاصل از گونه های اسپرژیلوس بیشتر اسیدهای چرب کوتاه زنجیر را هیدرولیز می کند. به جز آنزیم لیپاز، رنسدیتی هیدرولیتیک توسط اسید (در مایونز)، توسط قلیا (در بیسکوئیت های کرم دار) و به وسیله حرارت (در استفاده از بخار با فشار بالا جهت تولید تجاری گلسیرول) رخ می دهد.

هرگاه اسیدهای چرب آزاد شده، کوتاه زنجیر باشند (12-4 کربن)، روغن بوی کاملاً مشخصی خواهد داشت. اما اگر طول زنجیر باشند، بیش تر طعم صابونی پیدا می کند.

• میزان پیشرفت واکنش هیدرولیز را توسط اندیس اسیدی معین می کنند. این اندیس میزان اسیدهای چرب آزاد نمونه را تعیین می کند. با افزایش لیپولیز اسید چرب آزاد افزایش یافته، نقطه دود روغن کاهش می یابد و کیفیت روغن کم می شود.

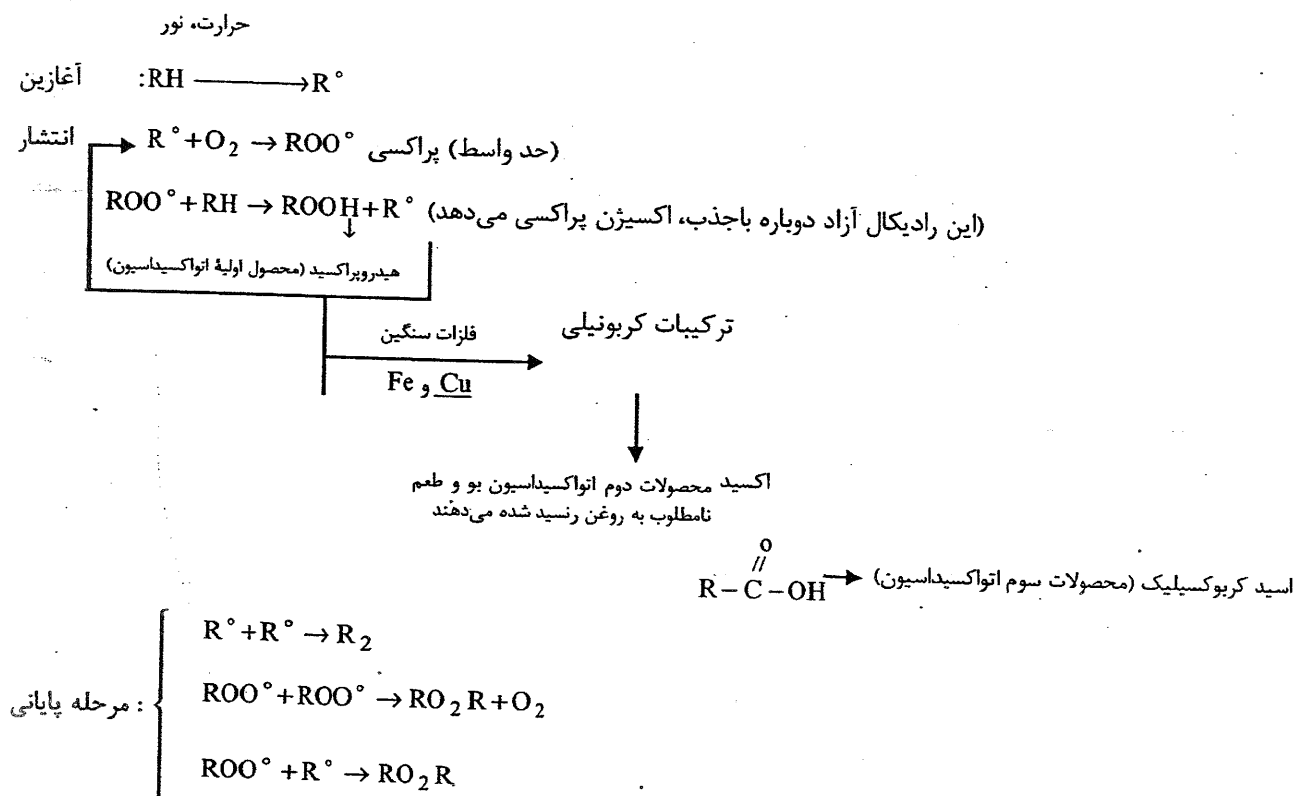
۱- نقطه دود^۱ دمایی است که روغن در حین حرارت دادن برای اولین بار دود می کند.
 ۲- نقطه برق^۲ دمایی است که روغن شعله ور می شود اما محصولات فرار به اندازه ای نیست که برای سوختن ممتد کفایت کند.
 ۳- نقطه آتش^۳ دمایی است که دود حاصل از روغن دیده آتش گرفته و به سوختن ادامه می دهد.
 ترتیب دماها: **Smoke point < Flash point < Fire point**

ب - رنسدیتی اکسیداتیو

۱- اتواکسیداسیون: (اکسیداسیون خودبخودی)

این واکنش رایج ترین نوع رنسد شدن روغن ها است که در اثر واکنش روغن های اشباع نشده با اکسیژن رخ می دهد. این واکنش ختی در روغن های تصفیه شده نیز به سبب دارا بودن باندهای غیر اشباع رخ می دهد. اتواکسیداسیون در سه مرحله اساسی یعنی آغازین، انتشار و پایانی انجام می شود:

1. Smoke point
2. flash point
3. fire point



شکل ۱۰ - ۲

۱- مرحله آغازین:

در این مرحله تحت اثر عوامل محرکی مثل دما و نور، یک اتم هیدروژن از اسید چرب جدا می شود و اسید چرب به صورت رادیکال در می آید. جدا شدن هیدروژن از کربنی صورت می پذیرد که در آن اتصال کربن و هیدروژن سست باشد. به این ترتیب هیدروژن از یکی از کربن های مجاور باند دوگانه جدا خواهد شد.

به عنوان مثال در اولتیک اسید هیدروژن از کربن شماره ۸ یا ۱۱ جدا می شود و در لینولتیک کربن های شماره ۸ و ۱۱ و ۱۴ مجاور باند دوگانه هستند. اما کربن شماره ۱۱ مجاور دو باند دوگانه است پس لزوماً اولین هیدروژن در این اسید چرب از کربن شماره ۱۱ جدا می شود.

نکته: این مرحله انرژی فعال سازی بالایی دارد پس به کندی آغاز می شود.

هنگامی که هیدروژن از یک اتم کربن جدا می شود باند دوگانه به سمت کربنی که هیدروژن از دست داده حرکت می کند و یا به عبارت صحیح تر پدیده رزونانس ایجاد می شود مثلاً در اولتیک اگر اتم هیدروژن از کربن شماره ۱۱ جدا شده باشد باند دوگانه به فاصله کربن های شماره ۱۰ و ۱۱ منتقل می شود. به این ترتیب پدیده نامطلوب ایزومریزاسیون رخ می دهد.

- یعنی اسید چرب غیر مزدوج به مزدوج و اسید چرب Cis به trans تبدیل می شود.

نکته: ایزومریزاسیون وقتی رخ می دهد که ترکیب شیمیایی اسید چرب دچار تغییر گردد مثلاً در طی هیدروژناسیون نیز این پدیده بروز می کند.

۲- مرحله‌ی انتشار:

در این مرحله رادیکال به وجود آمده یک مولکول اکسیژن جذب نموده و تبدیل به رادیکال پراکسی می‌گردد. رادیکال پراکسی تشکیل شده، به شدت ناپایدار بوده و جهت پایدارتر شدن به یک اسیدچرب غیراشباع دیگر حمله نموده، یک اتم هیدروژن آن را جدا کرده و تبدیل به هیدروپراکسید می‌شود.

• مشخص شده که به علت پدیده‌ی رزونانس در مورد اسیداولئیک امکان تشکیل 4 نوع هیدروپراکسید 8, 9, 10, 11 وجود دارد.

• در مورد لینولئیک، عمده‌ی هیدروپراکسیدها بر روی کربن شماره‌ی 9 یا 13 و کم‌تر روی کربن شماره‌ی 11 می‌باشند. اسید چربی که مورد حمله قرار می‌گیرد خود، رادیکال آزاد می‌شود. به این ترتیب می‌تواند مجدداً با یک مولکول اکسیژن دیگر ترکیب شده و رادیکال پراکسی تشکیل دهد. بنابراین در مرحله انتشار به ازای مصرف هر رادیکال آزاد، یک رادیکال ایجاد می‌شود پس به واکنش‌های این مرحله «واکنش‌های اتوکاتالیتیک» گفته می‌شود. مرحله‌ی انتشار دو فاز مشخص دارد:

الف) فاز اکسیداسیون کند یا فاز القاء^۱

در طی این مرحله جذب اکسیژن کند است. پس سرعت تشکیل هیدروپراکسید پایین است.

ب) فاز اکسیداسیون تند (سریع): در این مرحله جذب اکسیژن بالا است. شروع این مرحله مصادف با آغاز تجزیه‌ی هیدروپراکسیدها می‌باشد.

هیدروپراکسیدها محصولاتی نسبتاً پایدارند، که به‌عنوان محصولات اول اتواکسیداسیون شناخته می‌شوند. عمده‌ی هیدروپراکسیدهای حاصل، ساختاری مزدوج دارند. زیرا این ساختار پایدارتر است. در دمای معمول $\frac{2}{3}$ هیدروپراکسیدهای تشکیل شده از نوع ترانس است. هرچه دما افزایش یابد شدت اکسیداسیون و میزان هیدروپراکسیدهای ترانس بیش‌تر می‌شود.

نکته: هیدروپراکسیدها ساختاری مزدوج و ترانس دارند.

۳- مرحله‌ی پایانی:

رادیکال‌های آزاد تشکیل شده و باقی‌مانده، با هم واکنش داده و غیرفعال می‌شوند. در طی این مرحله رادیکال‌های آزاد باقی‌مانده در روغن به هم ملحق شده و به این ترتیب از فرم رادیکالی خارج می‌شوند. نسبت ترکیبات بوجود آمده بستگی به غلظت اکسیژن موجود

در محیط دارد. اگر غلظت اکسیژن کم باشد در این صورت نسبت $\frac{R}{RO_2}$ بالا است.

بنابراین بیشتر محصولات پایانی بوجود آمده از نوع $R^{\bullet} + R^{\bullet} \rightarrow R_2$ هستند اما اگر غلظت اکسیژن در حد بالایی باشد نسبت $\frac{R}{RO_2}$

پایین است. بنابراین محصول تولید شده بیشتر از نوع $RO_2^{\bullet} + RO_2^{\bullet} \rightarrow n(R_{O_2}R) + nO_2$ می‌باشند البته مقدار کمی هم

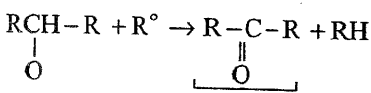
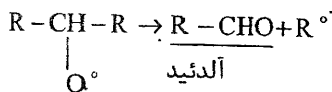
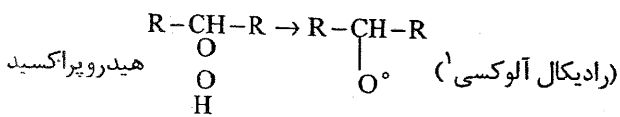
تولید می‌شود. $R + RO_2 \rightarrow RO_2R$

هیدروپراکسیدهای ایجاد شده به‌عنوان محصولات اولیه اتواکسیداسیون ترکیبات پایداری نیستند و در نتیجه تجزیه می‌شوند.

در منابع قدیمی تر اصولاً اتواکسیداسیون به چهار مرحله تقسیم می‌شود و مرحله‌ی تجزیه‌ی هیدروپراکسیدها نیز وجود داشت. در اثر تجزیه هیدروپراکسیدها دو دسته ترکیبات ایجاد می‌شوند.

الف) ترکیباتی با وزن مولکولی بالا که ترکیباتی قطبی و یا پلیمریزه شده هستند و باعث تشکیل رنگ تیره در روغن شده، مزه‌ی تلخی دارند و ویسکوزیته و نقطه‌ی ذوبی بالا خواهند داشت. اما از لحاظ بو قابل تشخیص نیستند و به سبب وزن مولکولی بالا در طی فرآیند بی‌بو کردن از روغن خارج نمی‌شود. این ترکیبات در طی مرحله رنگبری و توسط خاک رنگبر حذف می‌شوند.

ب) ترکیباتی که فرار بوده و در واقع ترکیباتی کربونیلی می‌باشند. این ترکیبات به‌عنوان محصولات ثانویه اتواکسیداسیون شناخته می‌شوند و باعث بو و طعم ایجاد شده در این مرحله هستند. آلدئیدها به سبب آستانه‌ی بویایی پایینی که دارند، در این رابطه مهم‌تر از کتون‌ها هستند. هر چه تعداد باند دوگانه در ساختار آلدئید افزایش یابد آستانه‌ی بویایی آن پایین‌تر می‌آید.



کتون

ممکن است ترکیبات کربونیلی در ادامه اکسید شده و محصولات سوم اتواکسیداسیون را تشکیل دهند که همان اسیدهای کربوکسیلیک هستند.

- دستگاه Rancimat از روی اسیدهای کربوکسیلیک حاصل، میزان اتواکسیداسیون را تعیین می‌کند. به این ترتیب که اسیدهای کربوکسیلیک سبب افزایش ضریب هدایت الکتریکی می‌شوند که از روی این تغییر به‌صورت غیرمستقیم میزان پیشرفت اتواکسیداسیون اندازه‌گیری می‌شود.

آلدئیدهای حاصل از تجزیه هر اسید چربی مربوط به خود آن اسید بوده و می‌توانند بسیار متنوع باشند. بدیهی است که با افزایش تعداد باند دوگانه‌ی اسید چرب میزان آلدئیدهای حاصله از آن بیش‌تر می‌شود.

برخی از آلدئیدهای مهمی که در اثر اکسیداسیون اسیدهای چرب بدست می‌آیند به شرح زیر هستند:

اولئیک اسید ← اکتانال، 2- دکانال، نونانال

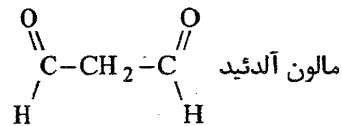
لینولئیک اسید ← هگزانال، 2- اکتانال، 2 و 4 و 7 دکاتری‌انال

لینولئیک اسید ← پروپانال، 2 و 4 هپتا دی‌انال، 3- هگزانال، 2 و 4 دکادی‌انال

آرشدونیک ← هگزانال، 2 اکتانال، 2 و 4 دکادی‌انال، 3 نونانال، 2 و 4 و 7 تری دکاتری‌انال

فساد ناشی از روغن‌های سرشار از لیتولتیک اسید، سریع‌تر از سایر روغن‌ها احساس می‌شود. زیرا ترکیبات فرار بیش‌تری تولید می‌کند. ترکیبی تحت عنوان مالون آلدئید^۱ در اثر اتواکسیداسیون اسیدهای چرب دارای سه و یا تعداد زیادتری باند دوگانه بوجود می‌آید این ترکیب بی‌بوست اما در مقادیر بسیار کم به عنوان شناساگر جهت اکسیداسیون چربی‌ها به کار می‌رود. جهت تشخیص این ترکیب از تیوباریتوریک اسید استفاده می‌شود که با آن کمپلکس قرمز رنگی می‌دهد.

- اندیس تیوباریتوریک میلی‌گرم دی‌آلدئید موجود در 100 گرم روغن را نشان می‌دهد.



ترکیبات کربونیلی بوجود آمده در طی اتواکسیداسیون می‌توانند با پروتئین‌های موجود در غذا رنگدانه‌های ملانوییدینی میلارد را ایجاد کنند. مالون آلدئید در این رابطه بسیار حایز اهمیت است زیرا دو گروه آلدئیدی دارد.

عوامل مؤثر بر اتواکسیداسیون

۱- غیراشباعیت:

تعداد، محل قرار گرفتن و فرم ایزومری باندهای دوگانه بر سرعت اتواکسیداسیون مؤثر است.

اسید چرب	سرعت نسبی اتواکسیداسیون
C ₁₈ :0	1
C ₁₈ :1	100
C ₁₈ :2	1200
C ₁₈ :3	2500

نکته: علت اینکه با افزایش باند دوگانه سرعت اتواکسیداسیون یا سرعت زیادی افزایش می‌یابد افزایش گروه‌های متیلن فعال می‌باشد که مثلاً در لینولئیک ۱ گروه و در لینولنیک ۲ گروه متیلن فعال وجود دارد.

موقعیت‌های 1 و 3 تری‌گلیسریدنسبت به اتواکسیداسیون حساس و موقعیت 2 مقاوم‌تر می‌باشد. به همین علت اسید چربی که غیر اشباع‌تر است و به اتواکسیداسیون حساس‌تر می‌باشد، به این موقعیت منتقل می‌شود.

- ایزومرهای سیس سریع‌تر از ترانس و انواع مزدوج سریع‌تر از ایزومرهای غیرمزدوج دچار اتواکسیداسیون می‌شود به این ترتیب سرعت اکسیداسیون اسید الئوآستئاریک بیشتر از اسید لینولنیک می‌باشد.
- کاروتنوئیدها شدیداً پرواکسیدان می‌باشند زیرا دارای تعداد زیادی باند دوگانه به صورت مزدوج هستند.

۲- دما:

هر چه دما بیشتر شود، سرعت واکنش بالاتر می‌رود. دما هم در مرحله‌ی آغازین و هم در مرحله‌ی تجزیه هیدروپراکسیدها سبب تسریع اتواکسیداسیون می‌گردد. به این ترتیب دما، طول دوره‌ی اکسیداسیون کند را کاهش می‌دهد. افزایش دما هم سرعت و هم مسیر واکنش را تغییر می‌دهد. دمای پایین عمده‌ترین اثرش مربوط به تجزیه‌ی هیدروپراکسیدها است. در این حالت غیراشباعیت تغییری نمی‌کند. اما در دمای بالا به میزان قابل توجهی تعداد باندهای دوگانه کم می‌شود.

- انجماد سرعت اتواکسیداسیون را بسیار کند می‌کند، اما آن را متوقف نمی‌کند.

۳- اکسیژن:

میزان اکسیژن و فشار آن و نیز سطح تماس اکسیژن با روغن هر چه افزایش یابد، سرعت اتواکسیداسیون زیاد می‌گردد.

۴- نور:

با کاهش طول موج و نزدیک شدن آن به طول موج ماورای بنفش (UV) اثر تسریع‌کنندگی نور بر اتواکسیداسیون بیشتر می‌شود. نور هم در مرحله‌ی شروع واکنش و هم در مرحله‌ی تجزیه‌ی هیدروپراکسیدها تأثیر دارد.

طول موج ↑ فرکانس ↓ انرژی ↓

در نور UV فرکانس نسبت به نور مرئی بالاتر می‌باشد و اثر تسریع‌کنندگی بیش‌تری نسبت به نور مرئی بر روی اتواکسیداسیون دارد.

۵- رطوبت:

در مقادیر a_w خیلی کم عوامل تشدیدکننده‌ی اتواکسیداسیون کاملاً آزاد هستند. به این ترتیب امکان اکسید شدن آن‌ها کاملاً وجود دارد. اما در محدوده‌ای بالاتر از BET، سرعت اتواکسیداسیون به‌علت هیدراته شدن این ترکیبات کاهش می‌یابد. مجدداً با افزایش a_w میزان برخوردهای مؤثر بین کاتالیزورها و نقاط فعال افزایش می‌یابد و به این ترتیب سرعت اتواکسیداسیون بالا می‌رود. در مقادیر a_w خیلی بالا به‌علت رقیق‌تر شدن مقدار ترکیبات سرعت این واکنش افت می‌کند.

۶- فلزات سنگین:

این ترکیبات زمانی اکسیداسیون را کاتالیز می‌کنند که در سیستم هیدروپراکسید وجود داشته باشد، یعنی وجود هیدروپراکسید شرط لازم برای فعالیت یون‌های فلزی می‌باشد. نقش اساسی این فلزات در اتواکسیداسیون تسریع تجزیه هیدروپراکسیدها می‌باشد.

فلزات مؤثر بر اتواکسیداسیون مربوط به گروه عناصر واسطه هستند. زیرا توانایی تغییر ظرفیت خود را دارند. مثل مس (Cu) و آهن (Fe) و یا ترکیباتی که حاوی این عناصر می‌باشند. مثل میوگلوبین - هموگلوبین - آنزیم پراکسیداز - کاتالاز - سیتوکروم اکسیداز و

فلزاز

از آن‌جایی که در گوشت پخته بخش پروتئینی میوگلوبین، یعنی گلوبین دناتوره می‌شود، بنابراین اثر این گروه در تسریع اتواکسیداسیون بیش‌تر است. یون فرو (Fe^{+2}) ده برابر سریع‌تر از یون فریک (Fe^{+3}) عمل تجزیه‌ی هیدروپراکسیدها را انجام می‌دهد.

اسید آسکوربیک می‌تواند Fe^{+3} را احیا نموده و تبدیل به Fe^{+2} کند و به این صورت سبب تسریع اتواکسیداسیون گردد.

بیش‌ترین اثر آهن و مس در تسریع اتواکسیداسیون در pH معادل 5.5 تا 6 است.

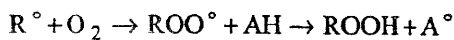
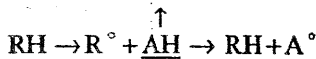
۷- آنتی اکسیدان‌ها

ترکیباتی هستند که به رادیکال‌های آزاد ایجاد شده در مرحله‌ی آغازین و یا رادیکال پراکسی^۱ ایجاد شده در مرحله‌ی انتشار هیدروژن داده و آن را از فرم رادیکالی خارج می‌کنند. به این ترتیب این دسته طول دوره اکسیداسیون کند را افزایش می‌دهند.

• کارایی یک آنتی‌اکسیدان به سهولت جدا شدن اتم هیدروژن از آن بستگی دارد.

یک آنتی‌اکسیدان خوب باید در طول دوره‌ی نگهداری روغن خواص آنتی‌اکسیدانی خود را حفظ کند، سمی نبوده و خود به‌صورت یک ترکیب پرواکسیدان در نیاید.

آنتی‌اکسیدان



انواع آنتی‌اکسیدان‌ها

اصولاً آنتی‌اکسیدان‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند یکی آنتی‌اکسیدان‌های اولیه یا واقعی که همگی ساختار فنلی دارند و وظیفه آن‌ها دادن یون هیدروژن به رادیکال آزاد تشکیل شده است و دیگری آنتی‌اکسیدان‌های ثانویه که در واقع آنتی‌اکسیدان نیستند بلکه ترکیباتی چنگالی‌کننده می‌باشند.

الف) آنتی‌اکسیدان‌های اولیه طبیعی

آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در روغن‌های نباتی به مقدار خیلی بیش‌تر از روغن‌های حیوانی وجود دارند. به همین علت در شرایط یکسان روغن‌های نباتی نسبت به روغن‌های جانوری پایداری بیشتری دارند.

توکوفرول‌ها^۲:

این گروه مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی هستند و در بسیاری از روغن‌ها وجود دارند. مقادیر خیلی زیادی از آن‌ها در روغن جوانه‌ی گندم یافت شده است به‌طوری‌که α توکوفرول شاخص روغن جوانه‌ی گندم است. توکوفرول‌ها هم خاصیت ویتامینی و هم خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند. اما این دو خاصیت رابطه عکس دارند.

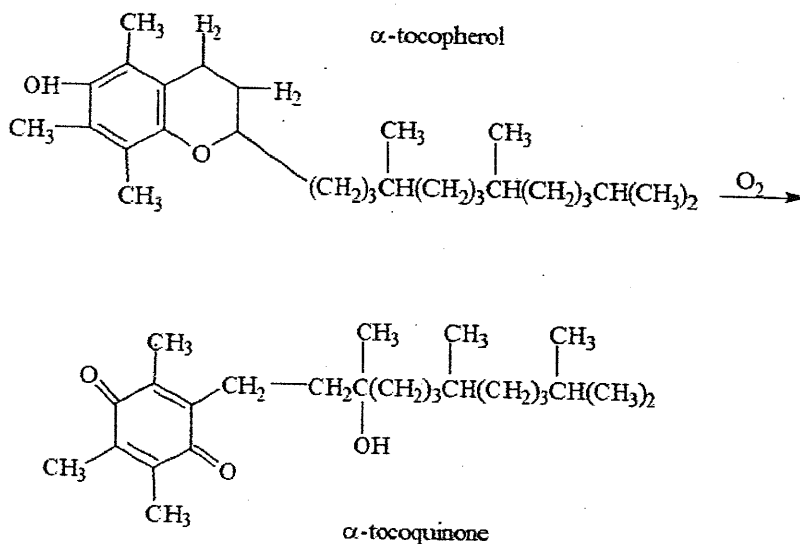
ویتامینی: $\alpha > \beta > \gamma > \delta$

آنتی‌اکسیدانی: $\alpha < \beta < \gamma < \delta$

خاصیت خاموش‌کنندگی (کانچری): $\alpha > \beta > \gamma > \delta$

آلفا توکوفرول در غلظت‌های بالا خواص پرواکسیدانی (تشدیدکنندگی) دارد، در این شرایط این ترکیب اکسید شده و تبدیل به ترکیبی تحت عنوان α توکوکینون می‌شود.

اما گاما و دلتا توکوفرول، حتی در غلظت‌های بالا نیز خواص آنتی‌اکسیدانی را از خود نشان می‌دهند. در اثر اکسیداسیون، گاماتوکوفرول تبدیل به ترکیبی تحت عنوان کرومان 5 و 6 کینون می‌شود که این ترکیب هم خاصیت آنتی‌اکسیدانی (البته در حد ضعیف) از خود نشان می‌دهد.



شکل ۱۲-۲: ساختار آلفا توکوفرول‌ها و تبدیل به آلفا توکو کینون

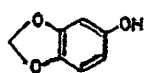
سزامول^۱:

آنتی‌اکسیدان بسیار قوی موجود در روغن کنجد است. این ترکیب دارای قدرت آنتی‌اکسیدانی بیش از توکوفرول‌ها است و خود از دو ماده‌ی سزامین^۲ و سزامولین^۳ تشکیل شده است.

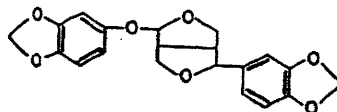
- تست تشخیصی روغن کنجد، تست فورفورال است که اساس این تست اثر اسید کلریدریک بر روی این دو ماده و تشکیل کمپلکسی قرمز رنگ می‌باشد.

- در اثر هیدروژناسیون، سزامین و سزامولین شکسته شده و در نتیجه میزان سزامول آزاد افزایش پیدا می‌کند. اما در اثر تصفیه قلیایی و به‌ویژه بی‌بو کردن میزان سزامول کاهش خواهد یافت.

نکته: بی‌بو کردن مهم‌ترین مرحله‌ی حذف آنتی‌اکسیدان‌ها از روغن می‌باشد.



(۲) سزامول



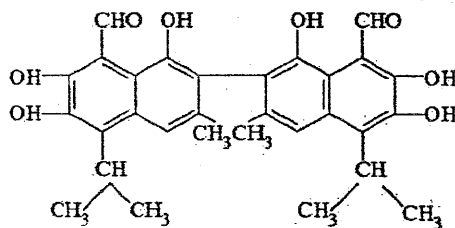
شکل ۱۳-۲: (۱) سزامولین

- 1.Sesamol
- 2.Sesamin
- 3.Sesamoliln

گوسیپول:

آنتی‌اکسیدان، ماده‌ی سمی و عامل رنگی موجود در تخم پنبه است. با وجود اینکه آنتی‌اکسیدانی قوی است اما به سبب خواص تغذیه‌ای نامناسبی که دارد باید حذف گردد.

نکته: مرحله‌ی تصفیه قلیایی اساسی‌ترین مرحله جهت حذف این ترکیب از روغن است.



شکل ۱۴-۲: ساختار گوسیپول

اسید فرولیک!

به صورت سیتوسترول فرولات در ساختار سبوس برنج وجود دارد.

اسید آسکوربیک:

این ترکیب به تنهایی در چربی نامحلول است. بنابراین معمولاً از استر اسید پالمیتیک آن به صورت پالمیتات اسکوربات استفاده می‌شود. مهم‌ترین مکانیزم آن در جلوگیری از اتواکسیداسیون جذب اکسیژن محلول است. عموماً همراه با توکوفرول‌ها به کار می‌رود زیرا به عنوان سینرژیست^۲ سبب تقویت آنها می‌شود.

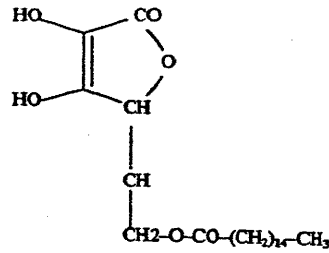
البته به مقدار خیلی کم توانایی دادن هیدروژن را نیز دارد. ضمن این که به‌عنوان یک ترکیب چنگالی کننده نیز عمل می‌کند. ترکیباتی که دارای گروه کربونیل در مجاورت آن دیول هستند ردوکتون نامیده می‌شوند اسید اسکوربیک به این دسته تعلق دارد، اسید اسکوربیک فقط در غلظت بالا به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کند و در غلظت‌های پائین به ویژه در حضور یون‌های فلزی سنگین خاصیت پروکسیدانی دارد.

نکته: اسید آسکوربیک با ۳ مکانیزم جلوی اتواکسیداسیون را می‌گیرد:

- ۱- جذب اکسیژن محلول
- ۲- دادن هیدروژن به رادیکال‌های آزاد
- ۳- شلاته کنندگی

^۱ Ferulic acid

^۲ Synergist



شکل ۱۵-۲. ساختار پالمیتات اسکوریات

اسید فیتیک: (اینوزیتول هگزا فسفریک اسید)

بیشترین مقدار آن در لایه‌ی آلرون و پوسته‌ی خارجی گندم وجود دارد. ترکیبی چنگالی کننده است اگر تخمیر در تهیه خمیر نان به خوبی انجام شود، توسط آنزیم فیتاز مخمر شکسته می‌شود. اما در غیر این صورت سالم باقی مانده و باعث چنگالی نمودن آهن، کلسیم و روی در روده‌ها و دفع آنها از بدن می‌شود.

نکته: آنزیم فیتاز یک آنزیم استرازی از گروه هیدرولازها می‌باشد.

نکته: استرازاها پیوند بین الکل و اسید را می‌شکنند.

الثوروپین: (عامل تلخی زیتون) ترکیبی گلیکوزیدی بوده و خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارد.

فسفولیپیداها:

این گروه چنانچه تنهایی به کار روند پرواکسیدان هستند. اما استفاده‌ی توأم آنها با یک آنتی‌اکسیدان سبب تشدید عمل آن می‌شود.

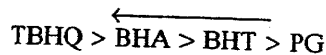
فلاونوئیدها:

ترکیباتی فنلی هستند که جزو رنگدانه‌ها می‌باشند. کوئرستین^۲، مریستین^۳ و کاتکین^۴ از جمله ترکیبات این گروه هستند که خواص آنتی‌اکسیدانی دارند و در برگ چای یافت می‌شوند.

آنتی‌اکسیدان‌های سنتتیک:

این گروه نیز همگی ساختار فنلی دارند.

قدرت آنتی‌اکسیدانی



۱- **TBHQ** قوی‌ترین آنتی‌اکسیدان سنتتیک است، به راحتی دمای بالا را تحمل می‌کند. اما مصرف آن در بسیاری از کشورها ممنوع

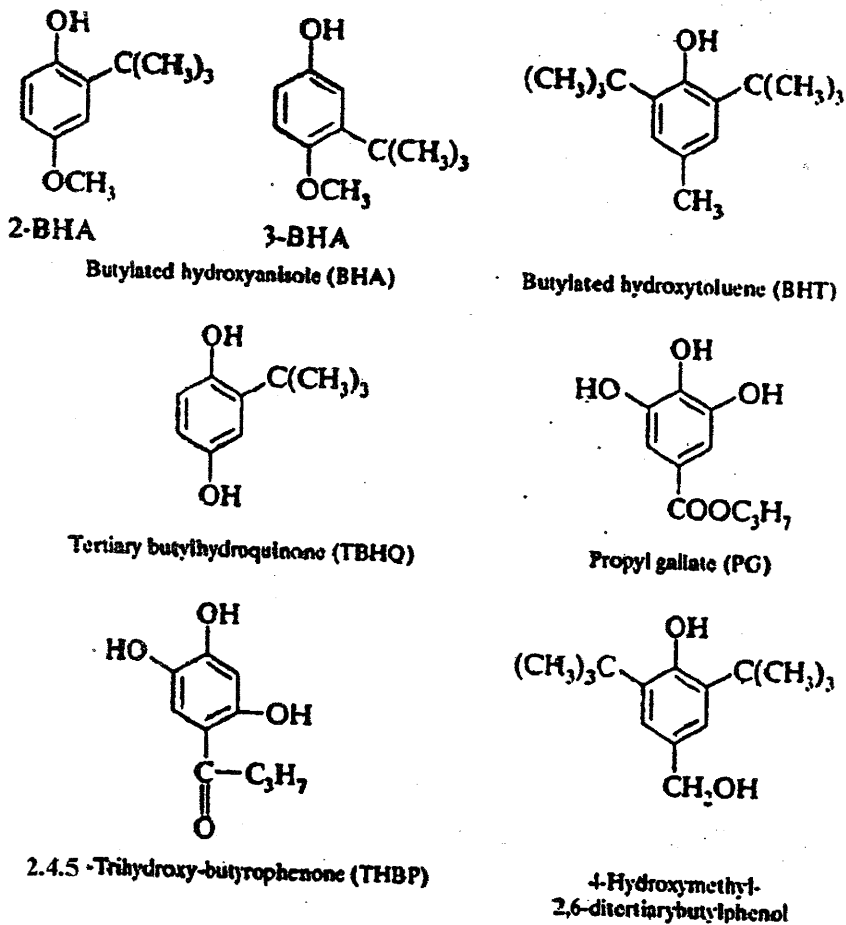
است.

۲- **BHA**: مقاومت حرارتی خوبی دارد. اما در دمای بالا بوی فنل از خود آزاد می‌کند.

1. Flavonoids
2. Quercetin
3. Myricetin
4. Catechin

۳- BHT: هم از لحاظ قدرت آنتی‌اکسیدانی و هم از لحاظ مقاومت حرارتی پایین‌تر از BHA است.

۴- P.G (پروپیل گالات): در آب محلول‌تر از چربی است تشکیل کمپلکس رنگی با فلزاتی مثل مس یا آهن مانعی برای استفاده از آنها محسوب می‌شود.

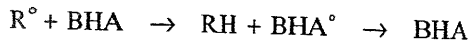


شکل ۱۶-۲: ساختار آنتی‌اکسیدان‌های سنتتیک

میزان کارایی یک آنتی‌اکسیدان را با فاکتور حفاظت^۱ بیان می‌کنند که به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$P_f = \frac{A_1}{A_0} = \frac{\text{طول دوره‌ی اکسیداسیون کند یک روغن با آنتی‌اکسیدان}}{\text{طول دوره‌ی اکسیداسیون کند یک روغن بدون آنتی‌اکسیدان}}$$

استفاده‌ی توأم از دو یا چند آنتی‌اکسیدان اثرات محافظت‌کنندگی خیلی بیش‌تری نسبت به حالتی که این آنتی‌اکسیدان‌ها به تنهایی به کار روند خواهند داشت. این پدیده تحت عنوان سینرژیسم^۲ نامیده می‌شود. مثل اثر تشدیدکنندگی پروپیل گالات بر روی BHA و BHT یا اثر BHT و BHA بر روی هم اما پروپیل گالات با BHT سینرژیسم ندارد.



BHT



آنتی‌اکسیدان ضعیف‌تر به قوی‌تر هیدروژن می‌دهد و آن را شارژ می‌کند.

آنتی‌اکسیدان‌های ثانویه: (سینرژیست‌ها)

این دسته در واقع آنتی‌اکسیدان نیستند، بلکه ترکیباتی می‌باشند که خاصیت چنگالی کننده^۱ دارند.

اصطلاح چنگالی به کمپلکسی که در نتیجه ترکیب یون فلزی با لیگاند (سکوستران^۲) تشکیل می‌شود به طوریکه لیگاند دو یا چند پیوند با فلز تشکیل می‌دهد و در نتیجه ساختاری حلقوی ایجاد می‌شود که فلز را در بر گرفته است، سکوستران‌ها نقش مهمی در پایداری مواد غذایی بوسیله واکنش بایون‌های فلزی دارند.

به این ترتیب این گروه می‌توانند با فلزات آزاد که پرواکسیدان‌هایی بسیار قوی هستند، کمپلکس تشکیل دهند. به این ترکیبات اصطلاحاً سکوستران گفته می‌شود که می‌توانند با کاتیون‌های فلزی پیوند تشکیل دهند گروه‌های دهنده الکترون می‌توانند NH ، NH_2 ، $COOH$ ، OH و یا PO_4 باشند.

نکته: پایداری یک چنگالی با کاهش pH کاهش پیدا می‌کند.

سکوستران‌ها ضمن ایجاد کمپلکس با فلزات مانع اثر آنها می‌شوند. این ترکیبات به علت تثبیت فلزات سبب پایداری بیشتر ویتامین C نیز می‌گردند. مهم‌ترین چنگالی‌کننده‌ی صنعت روغن اسید سیتریک است تقریباً به تمام روغن‌ها در مرحله رنگبری مجدد^۳ و نیز در طی مرحله سرد کردن پس از بی‌بو کردن به روغن‌ها اضافه می‌شود. البته اسید فسفریک نیز به‌عنوان یک چنگالی‌کننده مهم کاربرد دارد.

• اسیدهای پلی کربوکسیلیک مثل اسید سیتریک، مالیک، تارتاریک، اگزالیک و سوکسینیک و اسیدهای پلی فسفریک و فسفات‌ها و EDTA از گروه چنگالی‌کننده‌ها هستند.

۲- فتواکسیداسیون^۴

فرآیندی در راستای اکسیداسیون روغن‌ها است که در آن‌ها بدون نیاز به رادیکال آزاد هیدروپراکسید ایجاد می‌شود. در این واکنش نور به ترکیبات حساس کننده برخورد می‌کند و آن‌ها را برانگیخته می‌کند. حساس‌کننده‌ها در حالت پایدار و غیرفعال شده‌ی خود در فرم یگانه^۵ هستند اما پس از برانگیخته شدن اصطلاحاً به فرم سه‌گانه^۶ در می‌آیند. حساس‌کننده‌ها^۷ دو نوع طبیعی و سنتتیک دارند.

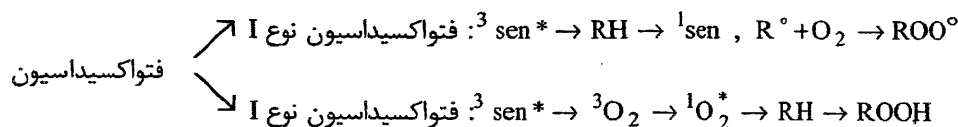
1. chelating agent
2. Sequestran
3. post bleaching
4. photooxidation
5. Singlet
6. Triplet
7. Sensitizer

کلروفیل (b, a)	طبیعی	حساس کننده
فتوفتین (b, a)		
ترکیبات هم‌دار (میوگلوبین، پورفیرین)		
ریبوفلاوین	سنتتیک (مصنوعی)	
اریتروزین ← قوی‌ترین حساس کننده		
متیلن بلو		
رزنگال		

فتواکسیداسیون به دو نوع می‌باشد:

الف) نوع I: نور سبب برانگیخته شدن سنسیتایزر می‌شود. یعنی از فرم یگانه یا (سینگلت) به فرم سه‌گانه یا (تریپلت) در می‌آید. این ترکیبات مستقیماً به سوپسترا حمله نموده و هیدروژن آن‌ها را جدا می‌کنند و آن‌ها را تبدیل به پروکسید می‌کند. ریبوفلاوین از جمله حساس کننده‌هایی است که از این مسیر عمل می‌کند.

ب) نوع II: در این حالت سنسیتایزر برانگیخته شده به اکسیژن حمله می‌کند و انرژی اضافی خود را به اکسیژن منتقل می‌کند و بدین ترتیب اکسیژن را از حالت پایدار (سه گانه تریپلت) به فرم برانگیخته شده ناپایدار (یگانه سینگلت) در می‌آورد. این اکسیژن بسیار پراثری است. به این ترتیب مستقیماً به کربن دارای باند دوگانه حمله می‌کند و بدون ایجاد رادیکال آزاد، هیدروپروکسید ایجاد می‌کند.



از آن جایی که در این فرآیند، رادیکال آزاد ایجاد نمی‌شود، بنابراین آنتی‌اکسیدان‌های رایج (به جز توکوفرول) اثری بر روی مهار این واکنش ندارند.

• ترکیباتی که باعث توقف این واکنش می‌شوند، ترکیباتی‌اند که می‌توانند انرژی اضافی حساس کننده و یا اکسیژن برانگیخته شده را جذب کنند. به این ترکیبات اصطلاحاً «خاموش کننده» یا «کانچر» اطلاق می‌شود.

نکته: کاروتنوئیدها که به‌علت دارا بودن باندهای دوگانه مزدوج زیاد در اتواکسیداسیون نقش پروکسیدانی دارند، در این واکنش خاصیت کانچری از خود نمایش می‌دهند.

تری‌اتیل‌آمین - دوده - فنیل سالیسیلات - اسیدآسکوربیک و استرهای پالمیتات یا استئارات آن نیز خاصیت کانچری دارند.

• سرعت فتواکسیداسیون بسیار بیش‌تر از اتواکسیداسیون است. به طوری که واکنش لینولئات با اکسیژن برانگیخته یا یگانه 1500 برابر سریع‌تر از واکنش با اکسیژن سه‌گانه است.

سرعت فتواکسیداسیون در مورد اسیدهای چرب تک یا چند غیراشباعی تفاوت چندانی ندارد.

سرعت این واکنش به دما نیز وابستگی چندانی ندارد، مستقل از فشار اکسیژن بوده و فاز القاء مشخصی ندارد.

این واکنش فقط در روغن خام رخ می‌دهد، زیرا در روغن تصفیه شده در طی پروسه تصفیه حساس کننده‌ها خارج می‌شوند.

واکنش‌های فتواکسیداسیون برخلاف واکنش‌های اتواکسیداسیون زنجیره‌ای نمی‌باشد، بنابراین گستردگی آن‌ها در روغن کم‌تر است.

تعداد و محل هیدروپراکسیدهای این واکنش با اتواکسیداسیون متفاوت است به این ترتیب که محل هیدروپراکسیدها روی خود کرین‌های دارای باند دوگانه بوده و تعداد آنها متناسب با باندهای دوگانه است. مثلاً اولئیک دارای ۲ هیدروپراکسید در موقعیت ۹ و ۱۰ و یا لینولئیک ۴ هیدروپراکسید در موقعیت‌های ۹ و ۱۰ و ۱۲ و ۱۳ می‌باشد.

۳- اکسیداسیون آنزیمی

این واکنش توسط لیپوکسی ژناز^۱ کاتالیز می‌شود. فرآیندی کاملاً شبیه اتواکسیداسیون است یعنی در این واکنش رادیکال آزاد تشکیل می‌شود پس توسط آنتی‌اکسیدان‌ها مهار می‌شود، با این تفاوت که به سبب آنزیمی بودن انرژی فعال‌سازی پایینی دارد زیرا عمل جدا شدن هیدروژن از اسید چرب توسط آنزیم صورت می‌گیرد. تنها منحصر به اسیدهای چربی است که ساختار 4,1 cis, cis پنتادیان^۲ داشته باشند. بنابراین سوبستراهای ترجیحی این آنزیم در منابع گیاهی اسید لینولئیک و لینولئیک و در منابع جانوری اسید آراشیدونیک می‌باشد.

برای گزینش‌گری توسط لیپوکسی ژناز علاوه بر اینکه باید هر دو اتصال در موقعیت سیس باشند، باید گروه متیلن مرکزی 4,1 پنتادیان در موقعیت ω₈ بوده و نیز هیدروژن جدا شده از آن در وضعیت L باشد. جدا شدن هیدروژن از موقعیت ω₈ سبب ایجاد ایزومری می‌شود به این ترتیب موقعیت ω₆ هیدروپراکسید می‌دهد.

- مهمترین منبع استحصال لیپوکسی ژناز، سویا است.

دو نوع لیپوکسی ژناز مختلف وجود دارد:

۱- لیپوکسی ژناز نوع I: این لیپوکسی ژناز کاملاً اختصاصی عمل می‌کند و تنها بر روی اسیدهای چرب آزاد عمل نموده و آن‌ها را

به یک نوع هیدروپراکسید تبدیل می‌کند.

۲- لیپوکسی ژناز نوع II: این لیپوکسی ژناز غیر اختصاصی عمل می‌کند و علاوه بر اسیدهای چرب آزاد، اسیدهای چرب استری شده

در ساختار تری‌گلیسریدها را هم اکسید نموده و هیدروپراکسید می‌سازد.

نکته: کاروتنوئیدها توسط لیپوکسی ژناز نوع II (به طریقه‌ی غیرمستقیم) اکسید می‌شوند. به همین علت اضافه کردن مقادیری آرد

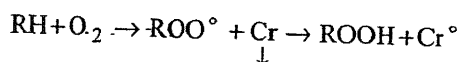
سویا به آرد نانوائی امری کاملاً مطلوب است. زیرا هم‌رنگ زرد نامطلوب آن را از بین می‌برد و هم خواص نانوائی آن را بهبود

می‌بخشد. اما همین امر در مورد ماکارونی کاملاً نامطلوب است زیرا رنگ زرد مطلوب آن را از بین می‌برد.

رادیکال پراکسی تشکیل شده توسط لیپوکسی ژناز نوع II جهت تبدیل به هیدروپراکسید به یک اسید چرب یا یک ترکیب غیراشباع

دیگر مثل کاروتنوئید حمله نموده و از آن هیدروژن می‌گیرد و آن را مستعد اکسیداسیون می‌نماید. در اثر اکسیداسیون، کاروتنوئیدها

رنگی می‌شوند.

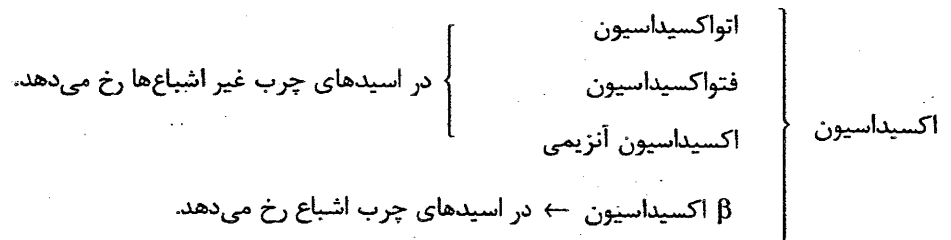


↓
کاروتنوئید

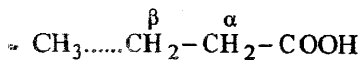
1. Lipoxigenases

2. Cis, Cis 1,4 Pentadien

۴- بتا اکسیداسیون - (اکسیداسیون کتونی)



نکته: در شمارش اتم‌های کربن اسیدهای چرب در صورتیکه از حروف یونانی استفاده شود به کربن شماره ۲ (کربن بعد از گروه کربوکسیل) کربن α ، کربن شماره ۳ β و به همین ترتیب تا آخر اطلاق می‌شود. پس واکنش بتا اکسیداسیون یعنی عمل اکسیداسیون روی کربن بتا یعنی کربن شماره ۳ انجام می‌شود.



این نوع اکسیداسیون مربوط به اسیدهای چرب اشباع کوتاه زنجیر ($\text{C}_4 - \text{C}_{12}$) است. اسیدلوریک مهم‌ترین سوبسترای این واکنش می‌باشد. بنابراین در چربی شیر و چربی گروه اسید لوریک رخ می‌دهد. این نوع اکسیداسیون توسط میکروارگانیزم‌ها رخ می‌دهد و طی آن ترکیباتی تحت متیل کتون که آستانه‌ی بویایی بسیار پایینی دارند، تشکیل می‌شود. تشکیل متیل کتون‌ها در ایجاد پنی‌های آبی مثل روکفورت بسیار حایز اهمیت است. زیرا سبب ایجاد بوی مطلوب این محصولات می‌گردد. اما این واکنش در روغن نارگیل یا مغز پالم امری کاملاً نامطلوب است.

- این فساد را اصطلاحاً تندی معطر^۱ می‌نامند. علاوه بر این واکنش، متیل کتون‌ها از مسیر کاملاً متفاوتی یعنی β اکسیداسیون حرارتی اسیدهای چرب هم تشکیل می‌شوند. به این ترتیب که هیدروپراکسیدهای تشکیل شده در اکسیداسیون حرارتی دچار تغییر آرایش شده دکربوکسیله می‌شوند و در نتیجه متیل کتون‌ها را تشکیل می‌دهند.

- برگشت طعم^۲:

بعضی از روغن‌ها پس از اینکه توسط فرآیند بی بو کردن عاری از بو و مزه‌ی نامطلوب شدند در اثر حد بسیار کمی اکسایش پیش از آن‌که به حد لازم برای اتواکسیداسیون برسد، یعنی زمانی که اندیس پراکسید در حد یک یا کم‌تر از آن است، دچار تغییر بو و مزه می‌شوند. این پدیده در روغن‌هایی که آلفا لینولنیک ($\pi-3$) بالایی دارند اتفاق می‌افتد مانند سویا، بزرک، کانولا، کلزا و روغن‌های دریایی

- مشخص شده که ترکیبات فرار طعم‌دار، ناشی از رادیکال‌های پنتن پایانی اسید لینولنیک یا ایزولینولنیک می‌باشد. حتی گزارش شده که هیدروژناسیون که باعث حذف لینولنیک می‌گردد باعث حذف واکنش برگشت طعم نخواهد شد. اما فرآیند برگشت طعم در روغن هیدروژنه شده و نشده مسیری متفاوت دارد.

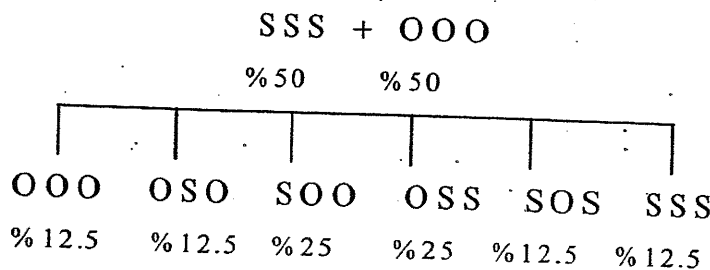
علاوه بر باند دوگانه، نور - دما - اکسیژن و فلزات سنگین نیز بر واکنش برگشت طعم مؤثر هستند. طعم ایجاد شده در اثر واکنش برگشت طعم برای هر روغنی منحصر به فرد است، اما در مورد اتوآکسیداسیون تقریباً تمام روغن‌ها یک طعم مشخص خواهند داشت.

اینترآستریفیکاسیون^۱: (استری کردن داخلی چربی‌ها و روغن‌ها)

اصطلاح اینترآستریفیکاسیون به واکنشهایی اطلاق می‌شود که در آن چربی یا مواد شامل استرهای اسید چرب با اسیدهای چرب، الکل یا استرهای دیگر واکنش داده و در طی آن تبدلی بین گروه‌های اسید چرب انجام گرفته و در نهایت استر جدیدی تولید شود. این واکنش برای تغییر خواص فیزیکی چربی (خام، هیدروژنه یا جزء به جزء شده) انجام می‌شود و در طی آن پروفیل ذوب تغییر نموده، پلاستیسیته محصول بهبود یافته و معمولاً کریستال‌ها از فرم β' به فرم β هدایت می‌شوند. (زیرا هدف تولید تری‌گلیسرید ساده می‌باشد)

در طی این واکنش اسیدهای چرب در موقعیت‌های مختلف تری‌گلیسریدها جابه‌جا می‌شوند. به عبارتی در این حالت تری‌گلیسریدها اسیدهای چربی را که در هر یک از موقعیت‌های آسیل خود در اختیار دارند را از دست می‌دهند و به جای آن اسیدچرب دیگری دریافت می‌کنند. انجام این فرآیند در غیاب کاتالیزورها نیاز به دمای خیلی بالا (حدود 300°C) دارد و کاملاً تصادفی می‌باشد از این رو به این واکنش رندومیزاسیون^۲ گفته می‌شود. رندومیزاسیون در بالای نقطه ذوب چربی انجام می‌شود پس تمام قسمت‌های چربی (هم فاز جامد و هم مایع) در آن شرکت می‌کنند.

- در حضور کاتالیزورها دمای اینترآستریفیکاسیون بسیار کاهش می‌یابد، مهم‌ترین کاتالیزورهای صنعت اینترآستریفیکاسیون متوکسیدسدیم^۳ (NaOCH_3) و یا اتوکسیدسدیم^۴ (NaOC_2H_5) می‌باشد. در اثر رندومیزاسیون مقادیر یکسان از دو تری‌گلیسرید تری اولئین (OOO) و تری‌استئارین (SSS) 6 تری‌گلیسرید مختلف با مقادیر ارایه شده تشکیل می‌شود:



- هدف اینترآستریفیکاسیون تا حد امکان تولید تری‌گلیسریدهای ساده (SSS, OOO) است. این فرآیند جهت تولید شورتنینگ‌ها، مارگارین‌ها و یا جایگزین‌های کره‌کائو کاربرد دارد و به میزان زیادی جهت لارد به کار می‌رود.

1. Interesterification
2. Randomization
3. Sodium methoxide
4. Sodium ethoxide

چربی لارد پلاستیسیته‌ی (شکل‌پذیری) کمی دارد. ضمن اینکه خاصیت کرمی^۱ (پف کردن) آن ضعیف است، بنابراین یک چربی قنادی خوب نیست اما پس از فرآیند استری کردن هدایت شده به سبب اینکه در موقعیت بتای آن دیگر پالمیتیک اسید حضور ندارد بنابراین یک چربی قنادی مطلوب می‌شود.

هرگاه در طی اینتراستریفیکاسیون تصادفی یکی از محصولات تولید شده را از محیط خارج کنیم واکنش در جهتی پیش می‌رود که محصول خارج شده را دوباره تولید کند به این واکنش اینتراستریفیکاسیون هدایت شده^۲ می‌گویند که در دمای زیر نقطه ذوب چربی انجام می‌شود پس فقط قسمت مایع چربی در آن شرکت می‌کند.

اینتراستریفیکاسیون هدایت شده می‌تواند به عنوان جایگزین هیدروژناسیون نیز به کار رود به این ترتیب که پس از رسیدن به تعادل تری‌گلیسریدهای کاملاً اشباع شده که زودتر از بقیه در اثر سرد شدن می‌بندند (تیر می‌شوند) را از محیط خارج می‌کنند. به این ترتیب تعادل محیط بهم خورده و سیستم در جهت تولید این تری‌گلیسریدها پیش می‌رود تا اینکه تمامی انواع تری‌گلیسریدهای سه اشباعی (SSS) جدا شود. یا این که ممکن است توسط تقطیر انواع با وزن مولکولی پایین را جدا می‌کنند.

به این ترتیب در نهایت تری‌استرین و تری‌اولئین به‌عنوان محصولات نهایی اینتراستریفیکاسیون از هم جدا می‌شوند، یعنی از ابتدا دو بخش جامد و مایع به‌صورت مجزا به‌دست می‌آیند. سپس با اختلاط آن‌ها به ویژگی‌هایی مناسب می‌رسند.

اینتراستریفیکاسیون چربی‌ها همراه با گلیسرول در دمای بالا و تحت خلاء منجر به تولید مخلوط متعادلی از مونو و دی‌گلیسریدها می‌شود که پس از جداسازی ترکیبات اضافی و انجام عمل تقطیر محصولی با 90 درصد مونوگلیسرید بوجود می‌آید که تحت عنوان مونوگلیسریدهای تکنیکی، به عنوان امولسیفایرهای سنتتیک بسیار کارایی دارند.

در هنگام اینتراستریفیکاسیون اگر کوچک‌ترین رطوبت در سیستم وجود داشته باشد، شدیداً مسئله‌ساز است. بدین ترتیب که این رطوبت با کاتالیزورهای قلیایی سبب ایجاد صابون از چربی‌ها می‌گردد. ضمن اینکه در این‌صورت مقادیری مونو و دی‌گلیسرید هم به‌وجود می‌آید که به‌صورت ناخالصی سبب افت روغن می‌شوند. پس جهت خاتمه عمل اینتراستریفیکاسیون به سیستم آب اضافه می‌کنند که باعث غیرفعال سازی کاتالیزور می‌شود.

نکته: یکی از مزایای مهم اینتراستریفیکاسیون عدم وقوع پدیده‌ی ایزومریزاسیون در آن است.

- اینتر استریفیکاسیون آنزیمی:

در این حالت از انواع مختلف لیپاز استفاده می‌شود. حساسی این واکنش انتخابی بودن آن، افت روغن کمتر و تمیز بودن واکنش است. معمولاً لیپازهای مورد استفاده موقعیت 1,3 را هیدرولیز می‌کنند. این واکنش گران‌قیمت و زمان‌بر است و همچنین حساس به ناخالصی‌ها و شرایطی مثل (PH - ذما - رطوبت) می‌باشد و معمولاً فقط زمانی انجام می‌شود که محصول گران‌قیمت ویژه‌ای مدنظر باشد.

استری کردن داخلی چربی‌ها و روغن‌ها به سه فرم اصلی انجام می‌شود:

۱- اینتر استریفیکاسیون: یعنی عملیات استری کردن داخل یک تری‌گلیسرید، این عملیات جهت لارد به کار می‌رود.

۲- اینتر استریفیکاسیون: یعنی استری کردن بین دو تری‌گلیسرید مختلف انجام می‌شود.

۳- اینتر استری کردن مرکب: یعنی استری کردن هم درون یک تری‌گلیسرید و هم بین دو تری‌گلیسرید مختلف

هیدروژناسیون^۱

هیدروژناسیون فرآیندی است که در طی آن به هر مولکول باند دوگانه در ساختمان اسید چرب یک مولکول هیدروژن متصل می‌شود.

اهداف هیدروژناسیون:

- ۱- اصلی‌ترین هدف هیدروژناسیون تبدیل روغن‌های مایع به چربی‌های پلاستیک جامد و یا نیمه جامد است.
- ۲- کاهش اندیس یدی و در نتیجه افزایش پایداری اکسیداتیو روغن‌ها به‌عنوان هدف جنبی مطرح می‌باشد.
- ۳- گاهی کاهش رنگ نیز رخ می‌دهد، به این ترتیب که کاروتنوئیدها توسط هیدروژناسیون اشباع می‌شوند. همین عامل باعث کاهش خاصیت ویتامینی (ویتامین A) هم می‌شود.

• جهت انجام هیدروژناسیون به کاتالیزور نیاز است که عموماً نیکل احیا شده است.

مراحل انجام هیدروژناسیون:

۱- باند دوگانه جذب سطح کاتالیزور شده و سپس یک اتم هیدروژن به آن اضافه می‌شود به این ترتیب یک ساختار نیمه اشباع ناپایدار تشکیل می‌گردد.

۲- در این حالت ممکن است ۲ اتفاق رخ دهد:

الف) یک اتم هیدروژن دیگر به ساختار هیدروژنه متصل شود و به این ترتیب اسید چرب اشباع شده و سطح کاتالیزور را ترک کند.

ب) در این حالت اتم هیدروژن بعدی جذب ساختار نیمه اشباع ناپایدار نمی‌گردد. پس همان اتم هیدروژن اول نیز جدا می‌شود.

این کار باعث می‌شود باند دوگانه مجدداً آزاد شود. اما در این حالت دچار ایزومری خواهد شد که پدیده‌ای نامطلوب است.

در طی این واکنش ایزومریزاسیون فضایی (تبدیل اشکال Cis به Trans) و ایزومریزاسیون موقعیتی (جابجایی محل باند دوگانه و ایجاد ایزومرهای مزدوج) رخ می‌دهد.

در بین مراحل فرآوری روغن‌ها، هیدروژناسیون تنها مرحله‌ای است که بر روی ساختار شیمیایی اسیدچرب تأثیر دارد و به همین علت

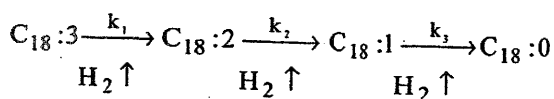
ایجاد ایزومریزاسیون می‌نماید (Cis → trans ، مزدوج → غیرمزدوج)

• اگر روغنی که هیدروژنه می‌شود، مخلوطی از اسیدهای چرب دارای یک، دو و یا چند باند دوگانه باشد، بین اسیدهای چرب

مختلف برای جذب شدن روی سطح کاتالیزور رقابت بوجود می‌آید در این حالت حق تقدم با اسید چربی است که دارای باند

دوگانه‌ی بیش‌تری باشد. به این وضعیت هیدروژناسیون سلکتیو^۲ (انتخابی) اطلاق می‌شود.

سلکتیویته (انتخاب‌گری) نمایان‌گر ارجحیت تبدیل لینولئیک به اولئیک نسبت به تبدیل اولئیک به استئاریک می‌باشد.



$$S.R = \frac{k_2}{k_3}$$

یک رابطه مستقیم بین سلکتیویته و تشکیل ایزومرهای ترانس وجود دارد. افزایش دما و غلظت کاتالیزور سبب افزایش سلکتیویته و میزان ایزومرهای ترانس می‌گردد. اما افزایش فشار و شدت هم‌زدن سبب کاهش سلکتیویته و میزان ایزومرهای ترانس می‌گردد. علت این است که تحت فشار و هم‌زدن زیاد، میزان هیدروژن در سطح کاتالیزور زیاد می‌گردد. بنابراین احتمال هیدروژنه شدن باندهای دوگانه بدون توجه به میزان تمرکز آن‌ها در سطح اسیدهای چرب افزایش می‌یابد. و نیز در چنین حالتی امکان جدا شدن ترکیب نیمه هیدروژنه از سطح کاتالیزور کم‌تر می‌شود و بنابراین ایزومر ترانس کم‌تری تولید می‌گردد.

ایزومریزاسیون	سلکتیو	سرعت هیدروژناسیون	
-	-	+	فشار
-	-	+	سرعت هم‌زن
+	+	+	دما
+	+	+	غلظت کاتالیزور

نکته: استفاده از کاتالیزورهای نو و فعال و کاتالیزورهای با سطح زیاد (ریزدانه بودن) نیز سبب افزایش سلکتیویته و اکثراً می‌گردد.

- روغن‌های هیدروژنه شده سلکتیو نسبت به انواع غیرسلکتیو در اندیس یدی یکسان ترم‌تر بوده و نسبت به اکسیداسیون و نیز هیدروژناسیون مقاوم‌تر می‌باشند (زیرا اسیدهای چرب به شدت غیراشباع در حالت سلکتیو کمتر است)
- در مقایسه‌ی دو روغن مختلف با اندیس یدی یکسان که یکی به فرم طبیعی و (هیدروژنه نشده) و دیگری هیدروژنه شده است، روغن هیدروژنه شده نقطه‌ی ذوب بالاتری دارد که دلیل آن وجود اسیدهای چرب ترانس و مزدوج در آن است.
- به‌طور کلی احتمال وجود اسیدهای چرب مزدوج خیلی کم‌تر از اسیدهای چرب ترانس در یک روغن هیدروژنه شده است زیرا ایزومرهای مزدوج خیلی سریعتر از انواع غیر مزدوج هیدروژنه می‌شوند اما ایزومرهای سیس آسان‌تر از انواع ترانس هیدروژنه می‌شوند.

ویژگی‌های فیزیکی لیپیدها

الف) نقطه ذوب:

از آنجایی که در روغن‌ها و چربی‌ها انواع مختلفی از اسیدهای چرب وجود دارند این ترکیبات نقطه‌ی ذوب معینی ندارند و در گستره‌ای از دما که به آن محدوده‌ی نرمی روغن گفته می‌شود، ذوب می‌شوند. نقطه‌ی ذوب روغن‌ها با دو روش «وایلی» و «نقطه‌ی سرش» تعیین می‌شود.

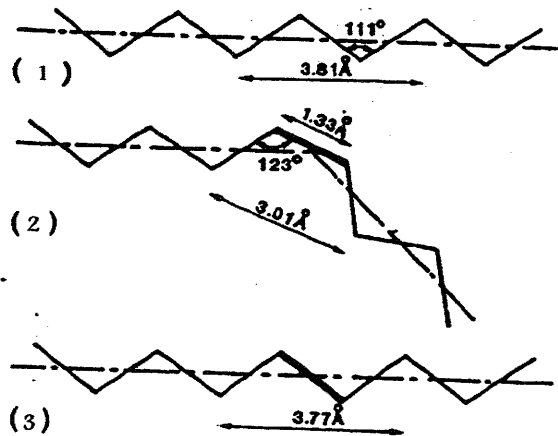
نقطه ذوب لیپیدها به ترکیب اسیدهای چرب شرکت‌کننده در ساختار آن‌ها، محل استخلاف اسیدهای چرب در ساختار تری‌گلیسرید و فرم کریستالی آن‌ها بستگی دارد.

عوامل مؤثر بر نقطه ذوب اسیدهای چرب:

۱- تعداد باند دوگانه (غیراشباعیت): هر چه باند دوگانه بالاتر باشد نقطه ذوب کمتر می‌شود زیرا با افزایش باند دوگانه زنجیره کاملاً از حالت خطی و فرم منظم زیگزاگ خود خارج شده و امکان تشکیل پیوندهای هیدروفوبیک بین زنجیره اسیدهای چرب کاهش می‌یابد.

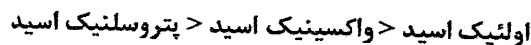
۲- طول زنجیره: در تعداد باند دوگانه‌ی برابر، اسید چرب طول‌تر، نقطه ذوب بالاتری دارد.

۳- ایزومری هندسی: نقطه ذوب ایزومرهای ترانس بالاتر از انواع سیس است. زیرا در نوع سیس زنجیره حالتی زاویه‌دار پیدا می‌کند و از شکل زیگزاگ طبیعی منحرف می‌شود. اما در شکل ترانس خمیدگی ایجاد شده خیلی کم‌تر است، به طوری که تقریباً زنجیره حالت متقارن اسیدهای چرب اشباع را حفظ نموده است.



شکل ۱۷-۲: وضعیت ساختمانی اسیدهای چرب از نظر پیوندهای: (۱) اشباع، (۲) یک غیراشباعی با پیوند سیس، (۳) یک غیراشباعی با پیوند ترانس

۴- ایزومری وضعیتی: با حرکت باند دوگانه به سمت هر یک از دو سر زنجیره نقطه ذوب کاملاً افزایش می‌یابد. به طوری که نقطه ذوب $C_{18}:1(2)$ حتی از $C_{18}:1(9)$ (الاییدیک اسید) نیز بالاتر است زیرا در این حالت مقدار انحراف زنجیره از حالت مستقیم زیاد نیست و بخش عمده‌ای از زنجیره فرم خطی دارد. به عنوان مثال در مقایسه نقطه ذوب سه اسید چرب: اولئیک- واکسینیک و پتروسلنیک افزایش نقطه ذوب بصورت زیر می‌باشد:



۵- فرد و یا زوج بودن تعداد کربن‌ها: اسیدهای چرب زوج کربن (دارای $2n$ اتم کربن) نقطه ذوبی بالاتر از اسیدهای چرب فرد کربن با $(2n+1)$ اتم کربن دارند، زیرا اسیدهای چرب زوج کربن ساختاری منظم‌تر و متقارن‌تر دارند به عنوان مثال نقطه ذوب اسیدوالریک ($C_5:0$) کمتر از اسید بویتریک ($C_4:0$) می‌باشد.

۶- مزدوج و یا غیر مزدوج بودن: اسیدهای چرب مزدوج به علت ساختار متقارن‌تری که دارند، نقطه ذوبی بالاتر از انواع غیرمزدوج دارند.

۷- وارد شدن گروه‌های هیدروکسیل یا کتو: نقطه ذوب را به شدت افزایش می‌دهد.

۸- آنتی‌ایزو اسیدها >> نرمال اسید چرب ~ ایزو اسید چربها

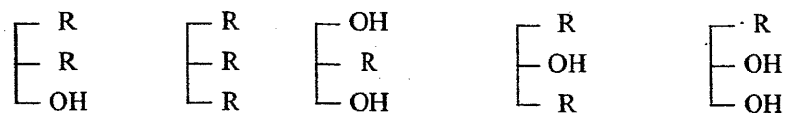
۹- سیس اولفینی > ترانس اولفینی > استیلنی > اسید چرب اشباع شده

نکته: از دسته اسیدهای چرب استیلنی (اسیدهای چرب دارای اتصالات سه‌گانه) می‌توان به اسید تاریریک $C_{18}:1(6)_a$ و اسید استئارولیک $C_{18}:1(9)_a$ اشاره کرد.

• حروف a بیانگر استیلنی بودن پیوند است.

۱- تعداد و مکان اسید چرب در ساختار گلیسرید:

نکته: اصولاً نقطه ذوب تری‌گلیسریدهای ساده اسیدهای چرب اشباع حدود $3^\circ C$ از نقطه ذوب خود اسیدهای چرب بیشتر است ولی نقطه ذوب تری‌گلیسرید ساده اسیدهای چرب غیر اشباعی به مقدار زیادی از نقطه ذوب خود آن اسیدهای چرب پائین‌تر است.
مونوگلیسرید < ۱ و ۳ دی‌گلیسرید < ۲ مونوگلیسرید < تری‌گلیسرید < ۱ و ۲ دی‌گلیسرید



نکته: نقطه‌ی ذوب استر اسیدهای چرب خیلی پایین‌تر از خود اسیدهای چرب است. از این خاصیت در دستگاه گاز کروماتوگرافی استفاده می‌شود یعنی با استری کردن اسیدهای چرب فراریت آنها را افزایش می‌دهند، زیرا در این حالت یعنی فرم متیله شده، اسیدهای چرب غیرقطبی می‌شوند و امکان تشکیل پیوند هیدروژنی بین گروه‌های کربوکسیل اسیدهای چرب از بین می‌رود.

(ب) ویسکوزیته:

با افزایش وزن مولکولی افزایش یافته و با افزایش غیراشباعیت و دما کم می‌شود.

• با تغییر دما ویسکوزیته‌ی روغن‌های چرب نسبت به روغن‌های کانی (معدنی) تغییر کم‌تری می‌کند.

سرخ کردن ویسکوزیته‌ی روغن‌ها را افزایش می‌دهد.

کشش سطحی:

با افزایش طول زنجیره زیاد و با افزایش دما و باند دوگانه کاهش می‌یابد. وجود حتی مقادیر ناچیزی اسیدهای چرب آزاد یا صابون باعث کاهش قابل توجه کشش سطحی می‌شود.

نکته: رابطه اندیس یدی و اندیس صابونی با ویسکوزیته و کشش سطحی معکوس می‌باشد.

چگالی:

چگالی یا وزن مخصوص روغن‌ها به عدد صابونی، عدد یدی، عدد اسیدی و رزونانس بستگی دارد. به علت انبساط گرمایی، چگالی چربی جامد و یا روغن مایع با افزایش دما کاهش می‌یابد. تغییرات چگالی یا تغییرات حجم در دماهای گوناگون را با دیلاتومتر^۱ (انبساط سنج) اندازه‌گیری می‌کنند. امروزه این کار را به طرز دقیق‌تری دستگاه NMR^۲ (رزونانس مغناطیسی هسته) انجام می‌دهد.

تکته: رابطه اندیس صابونی و اندیس یدی با چگالی مستقیم می‌باشد.

هـ) نمایه شکست: (اندیس رفرکت: $R.I$)

به علت آسانی و سرعت انجام کار، مقدار کم نمونه‌ی مورد آزمایش و نیز رابطه‌ای که با ساختار چربی دارد، برای تشخیص و تعیین خلوص و مشاهده‌ی پیشرفت هیدروژناسیون و یا میزان ایزومریزاسیون رخ داده در چربی از این اندیس استفاده می‌شود. اندیس رفرکت با طول زنجیره و تعداد باند دوگانه رابطه‌ی مستقیم دارد. اندیس رفرکت را به صورت N_D^t نشان می‌دهند که N اندیس رفرکت در دمای t و با استفاده از نور سدیم با طول موج معین D می‌باشد.

اشباع شدن و تبدیل ایزومرهای Cis به trans سبب کاهش اندیس رفرکت می‌گردد.

اندیس رفرکت trans > اندیس رفرکت cis

اندیس رفرکت غیرمزدوج > اندیس رفرکت مزدوج

اندیس رفرکت تری‌گلیسرید > اندیس رفرکت مونوگلیسرید

1. Dilatometer

2. Nuclear Magnetic Resonance

اندیس‌های روغن

۱- اندیس یدی :

این اندیس، غیر اشباعیت روغن‌ها را هنگامی که باندهای دوگانه آن‌ها از نوع غیر مزدوج باشند، نشان می‌دهد. به این ترتیب برای اشباع کردن هر باند دوگانه به یک مولکول ید نیاز داریم.

دو روش **ویجس و هانوس** جهت سنجش اندیس یدی به کار می‌رود. که در روش ویجس از مونوکلرید ید و در هانوس از مونو برمید ید استفاده می‌شود.

تعریف: «مقدار گرم یدی که برای اشباع کردن ۱۰۰ گرم چربی مصرف می‌شود.»

روش دیگری برای اندازه‌گیری عدد یدی وجود دارد به این ترتیب که درصد هر اسید چرب غیراشباع را در عدد ثابتی ضرب می‌کنند و نتایج را جمع می‌کنند این روش هنوز جایگزین روش آزمایشگاهی نشده اما کارایی بسیاری دارد.

ثابت	فرمول	اسید چرب
0.95	C ₁₆ :1	پالمیتولئیک
0.86	C ₁₈ :1	اولئیک
1.732	C ₁₈ :2	لینولئیک
2.616	C ₁₈ :3	لینولنیک

۲- اندیس اسیدی:

این اندیس میزان اسید چرب آزاد موجود در روغن را نشان می‌دهد. یعنی مقیاسی از لیپولیز صورت گرفته بر روی تری‌گلیسریدها است.

تعریف: «میلی‌گرم KOH (هیدروکسید پتاسیم) مورد نیاز برای خنثی کردن اسیدهای چرب آزاد یک گرم چربی»

- اسیدیته را در روغن‌های معمولی بر حسب درصد اولئیک اسید نمایش می‌دهند.
 - مقدار اسیدهای چرب ترانس را نیز بر حسب درصد اسیدالاییدیک گزارش می‌دهند.
- اصولاً باید برای روغن پالم اسید پالمیتیک و برای روغن نارگیل اسید لوریک مبنای گزارش میزان اسیدیته باشد.

۳- اندیس صابونی:

معیاری از وزن مولکولی نسبی تری‌گلیسریدها است و یا به عبارت دیگر مقیاسی از طول زنجیره تری‌گلیسریدها می‌باشد.

تعریف: «میلی‌گرم هیدروکسید پتاسیم KOH مورد نیاز برای صابونی کردن یک گرم چربی»

از آن جایی که در یک گرم از تری‌گلیسریدهایی که وزن مولکولی کم‌تری دارند؛ تعداد اسید چرب بیش‌تری قرار می‌گیرد، در نتیجه جهت صابونی کردن تری‌گلیسریدهای با وزن مولکولی کم‌تر میزان پتاس بیش‌تری مصرف خواهد شد. یعنی هر چه میزان وزن تری‌گلیسریدها کم‌تر شود میزان اندیس صابونی بالا می‌رود.

۴- اندیس استری:

تعریف: میلی گرم هیدروکسید پتاسیم KOH مورد نیاز جهت صابونی کردن روغن خنثی (روغنی که اسیدهای چرب آن جدا شده)

اندیس اسیدی - اندیس صابونی = اندیس استری
 $2 \times (\text{FFA}) = \text{میزان اسید چرب آزاد} = \text{عدد اسیدی}$

۵- اندیس کرشنر:

این اندیس میزان اسیدبوتیریک را تعیین می کند.

تعریف: «میلی لیتر سود 0.1 نرمال مصرفی جهت خنثی کردن اسیدهای چرب فرار در سولفات پتاسیم اشباع شده»

۶- اندیس رایشر-مایسل:

این اندیس اسیدهای چرب بوتیریک و کاپروئیک را مشخص می کند. یعنی اسیدهای چرب فرار محلول در آب را تعیین می کند.

مقدار سود یک دهم نرمال برای خنثی کردن اسیدهای چرب فرار محلول در آب موجود در پنج (5) گرم روغن

۷- اندیس پولنسک:

این اندیس میزان اسیدهای چرب C₈-C₁₄ را تعیین می کند.

مقدار سود یک دهم نرمال برای خنثی کردن اسیدهای چرب کم فرار نامحلول در آب موجود در پنج (5) گرم روغن

۸- عدد هیدروکسیل:

(میلی گرم هیدروکسید پتاسیم که برای خنثی کردن اسید استیک ترکیب شده با ماده چرب در اثر استیلاسیون لازم است).
 به این ترتیب عدد هیدروکسیلی (استیلی) نشانگر مقدار رادیکال هیدروکسیل (-OH) موجود در چربی است. الکل های چرب، استرول های آزاد و هیدروکسی اسیدها (اسیدریسینولئیک) جزء ترکیباتی هستند که با این تست ارزیابی می شوند.

۹- نقطه دود، نقطه فلاش، نقطه اشتعال:

این نقاط پایداری حرارتی روغن ها را زمانیکه در مجاورت هوا در حال حرارت دیدن هستند نشان می دهند.

نقطه دود پائین ترین دمایی است که در آن روغن در حال حرارت دیدن شروع به دود کردن می کند معمولاً بین 200-230°C است.

نقطه فلاش که به آن نقطه اشتعال لحظه ای هم می گویند دمایی است که در آن محصولات فرار به میزانی برسند که به طور لحظه ای

قادر به اشتعال باشند.

نقطه اشتعال دمایی است که در آن مواد فرار خارج شده از روغن داغ بتواند شعله پایدار ایجاد کنند.

نکته: میزان این نقاط بستگی به میزان اسیدهای چرب آزاد روغن داشته ولی چندان ارتباطی به میزان غیر اشباعیت روغن ها ندارد.

۱۰- اندیس کرایس:

واکنش بسیار حساسی در تشخیص اتواکسیداسیون است و قبل از هر تستی جواب می دهد در این تست در حضور اسید کلریدریک به

روغن فلوروگلوکوسینول اضافه می کنند. پدید آمدن رنگ قرمز بیانگر شروع اکسیداسیون است.

- روش های شناسایی روغن

۱- اندازه گیری عدد صابونی

۲- اندازه گیری عدد یدی

۳- تعیین اسیدهای چرب نمونه (کروماتوگرافی گازی) - اگر روغن هیدروژنه شده باشد، این روش جواب نمی‌دهد.

۴- شناسایی استرول‌ها توسط کروماتوگرافی گازی یا HPLC

مثلاً سویا 60% بتا سیتوسترول دارد، در حالی که این میزان برای زیتون 80-90% است.

روغن کرچک 5- Δ اوناسترول دارد. آفتاب‌گردان و گلرنگ 7- Δ اوناسترول دارند.

۵- شناسایی 4 - متیل استرول‌ها

۶- شناسایی تری‌ترین الکل‌ها مثل β آمیرین یا سیکلو آرتنول یا 24 متیل سیکلو آرتنول

۷- شناسایی توکوفرول‌ها: سویا گاما توکوفرول زیاد دارد. زیتون آلفا توکوفرول زیاد دارد.

• اگر در روغن زیتون گاما توکوفرول زیادی وجود داشته باشد، نشان‌دهنده‌ی تقلب در این روغن است.

- اثر حرارت روی تری‌گلیسریدها

اعمال فرآیند حرارتی به صورت سرخ کردن عمیق در دمایی حدود 180°C یا بالاتر تغییرات زیر را در روغن ایجاد می‌کند.

۱- افزایش اندیس اسیدی:

به علت هیدرولیز تری‌گلیسریدها اندیس اسیدی افزایش می‌یابد.

۲- کاهش نقطه دود:

به علت افزایش میزان اسیدهای چرب آزاد ناشی از هیدرولیز تری‌گلیسریدها نقطه دود کاهش می‌یابد.

۳- کاهش اندیس یدی:

در اثر حرارت دادن اندیس یدی به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد.

۴- کاهش اندیس پراکسید:

در اثر حرارت‌های بالا پراکسید تشکیل شده، تجزیه می‌شود و به این ترتیب اندیس پراکسید کاهش می‌یابد. اندیس پراکسید معیار

مناسبی جهت اندازه‌گیری کیفیت روغن‌های حرارت دیده نیست.

هم‌چنین برای روغن‌هایی که ماندگاری آن‌ها معلوم نمی‌باشد، هم اندیس پراکسید شاخص مطلوبی نیست. زیرا ممکن است در طی

ماندگاری پراکسیدهای تشکیل شده تجزیه شده باشد.

۵- اتواکسیداسیون اسیدهای چرب اشباع شده:

در اثر اعمال انرژی بالا ممکن است، حتی از اسیدهای چرب اشباع شده نیز هیدروژن جدا شود و هیدروپراکسید (ROOH) تشکیل

شود. هیدروپراکسیدهای تشکیل شده در این حالت دچار بتا اکسیداسیون حرارتی شده و متیل کتون تشکیل می‌دهند.

۶- تولید مواد معطر:

تجزیه‌ی حرارتی اسید لینولئیک ($\text{C}_{18:2}$) موجب تولید گاما - لاکتون می‌شود که به‌عنوان ترکیبات معطر عمل می‌کنند.

۷- تولید آکرولئین:

آکرولئین ترکیبی با بوی بسیار زننده و دارای آستانه‌ی بویایی پایین است، که در اثر اعمال حرارت روی گلیسرول و خروج دو مولکول

آب از آن تشکیل می‌شود.

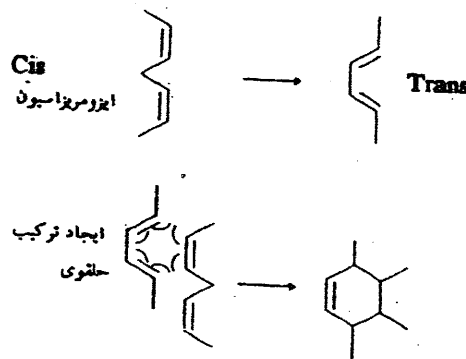
۸- ایزومریزاسیون:

ایزومرهای طبیعی سیس (Cis) به ترانس (trans) و اشکال غیرمزدوج طبیعی به مزدوج تبدیل می‌شوند.

۹- پلیمریزاسیون:

اعمال حررات سبب می‌شود اسید چرب غیراشباع وارد واکنشی تحت عنوان دیلز آلدِر شوند. به این ترتیب که ابتدا در اثر ایزومریزاسیون مکانی (تغییر محل باند دوگانه) یکی از باندهای دوگانه غیرمزدوج اسیدچرب تبدیل به انواع مزدوج و ترانس می‌شود. سپس یک سیستم سیس و غیرمزدوج با یک سیستم ترانس و مزدوج توسط مکانیزم دیلز آلدِر با هم ترکیب می‌شوند و دایمر ایجاد می‌کنند؛ پیشرفت این واکنش‌ها سبب تولید پلیمر در روغن می‌شود.

- یکی از دلایلی که روغن‌ها پس از حررات‌دهی ویسکوزیته‌ی بالاتری از روغن اولیه دارند، پدیده‌ی پلیمریزاسیون است. این پدیده سبب افزایش خاصیت کف کردن در روغن‌ها می‌شود.



شکل ۱۸-۲، واکنش دیلز آلدِر

۱۰- ضریب شکست نوری (انکسار):

ضریب شکست نوری با طول زنجیره و تعداد باندهای دوگانه رابطه‌ی مستقیم دارد. در دماهای پایین حررات‌دهی که پدیده‌ی پلیمریزاسیون رخ نمی‌دهد. با افزایش دما به‌علت کاهش باند دوگانه، ضریب شکست روغن کاهش می‌یابد، اما در دماهای بالا که پدیده‌ی پلیمریزاسیون صورت می‌گیرد ضریب شکست روغن افزایش می‌یابد.

۱۱- افزایش خاصیت کف‌کنندگی روغن:

به علت ایجاد یک‌سری ترکیبات فعال سطحی در اثر حررات‌دهی خاصیت کف‌کنندگی روغن افزایش می‌یابد.

تست‌های فصل دوم

۱ - در نتیجه استری شدن داخلی مقدار مساوی تری استارین و تری اولئین در شرایط مناسب چند درصد تری گلیسرید اولئیک - استئاریک اولئیک به دست می آید؟

(۱) ۱۲/۵٪ (۲) ۱۷/۵٪ (۳) ۲۵٪ (۴) ۳۰٪

۲ - حرارت در روغن‌ها به ترتیب در اندیس یدی و اندیس اسیدی باعث چه تغییراتی می‌شود؟

(۱) افزایش - افزایش (۲) افزایش - کاهش (۳) کاهش - افزایش (۴) کاهش - کاهش

۳ - در اثر اشعه ماورای بنفش دهیدروکلسترون تبدیل می‌شود به

(۱) اسکوالن (۲) اسیدهای صفراوی (۳) ویتامین D₃ (۴) ویتامین D₂

۴ - آکرولین در اثر حرارت و حذف مولکول اب از تولید می‌شود.

(۱) یک، گلیسرول (۲) یک، اسید بوتیریک (۳) دو، اسید بوتیریک (۴) دو، گلیسرول

۵ - C₂₂:1 فرمول اسید است.

(۱) واکسینیک (۲) لیگنوسریک (۳) بهنیک (۴) اروسیک

۶ - متیل کتون‌ها در روغن از اسیدهای چرب تولید می‌شود؟

(۱) اشباع C₁₂ تا C₁₈ (۲) اشباع C₄ تا C₁₂ (۳) غیراشباع C₄ تا C₁₂ (۴) غیراشباع C₁₂ تا C₁₈

۷ - ایزومر ترانس اسید اولئیک چه نام دارد؟

(۱) اسید واکسینیک (۲) اسید الئیدیک (۳) اسید پالمیتیک (۴) اسید میریستیک

۸ - کدام ماده خاصیت آنتی اکسیدانی ندارد؟

(۱) ویتامین A (۲) توکوفرول (۳) گوسیپول (۴) ویتامین E

۹ - نقطه ذوب اسیدهای چرب اشباع به مولکول بستگی دارد.

(۱) طول زنجیر (۲) وضعیت فضای (۳) محل نسی پیوند (۴) حرکت پیوند

۱۰ - در کدام واکنش آنزیم لیپوکسی ژناز به عنوان کاتالیزور عمل کرده و چه چیزی تولید می‌شود؟

(۱) لیپولیز چربی‌ها، هیدروپراکسید

(۲) اکسیداسیون هیدرولیتیک چربی‌ها، اسیدهای چرب آزاد

(۳) برگشت طعم، اسیدهای چرب آزاد

(۴) اکسیداسیون اسیدهای چرب و گلیسریدهای غیراشباع، هیدروپراکسید

۱۱ - کدام یک آنتی اکسیدان و ویتامین است؟

(۱) بیوتین (۲) توکوفرول (۳) ریبولوین (۴) ویتامین D

۱۲ - لیپولیز کدام است؟

(۱) اتواکسیداسیون (۲) بتا اکسیداسیون چربی (۳) تند شدن چربی (۴) هیدرولیز چربی در محیط آبی

۱۳ - نقاط ذوب اسیدهای چرب استئاریک، اولئیک، و الاییدیک به ترتیب صعودی به چه صورت است؟

(۱) اولئیک، الاییدیک و استئاریک

(۲) استئاریک، الاییدیک و اولئیک

(۳) استئاریک، اولئیک، الاییدیک

(۴) نقاط ذوب اولئیک و استئاریک یکسان و کم تر از الاییدیک است.

۱۴ - در واکنش برگشت طعم روغن سویا کدام اسید چرب شرکت فعال دارد؟

(۱) لینولنیک (۲) لینولئیک (۳) اولئیک (۴) استئاریک

۱۵ - کدام پیوند غیر اشباع از نوع Conjugate می باشد؟

(۱) $-CH=CH-CH_2-CH_2-CH=CH-$

(۲) $-CH=CH-CH_2-CH=CH-$

(۳) $CH=CH-CH=CH$

(۴) $CH=CH-CH_2-CH_2-CH_2-CH=CH$

۱۶ - اسکوالن چیست؟

(۱) لیپید مشتق شده (۲) لیپید ساده (۳) کربوهیدرات ساده (۴) لیپید مرکب

۱۷ - کدام عامل در سربروسیدها وجود ندارد؟

(۱) آمید (۲) اسید چرب (۳) فسفر (۴) کربوهیدرات

۱۸ - متیل کتون‌ها در کدام مورد تولید می شود؟

(۱) اتواکسیداسیون اسیدهای چرب اشباع نشده

(۲) تجزیه حرارتی اسیدهای چرب اشباع شده

(۳) واکنش برگشت اسیدهای چرب اشباع نشده

(۴) بتا اکسیداسیون اسیدهای چرب اشباع شده

۱۹ - در اکسایش نوری متصل می شود؟

(۱) O_2 به بنیان گروه متیلین (۲) O_2 به کربن پیوند دوگانه (۳) O_2 به گروه متیلین (۴) O_2 به بنیان متیلین

۲۰ - منظور از اندیس کرشنر چیست؟

(۱) مقدار درصد اسید بوتیریک در ماده چربی

(۲) مقدار درصد اسیدهای چرب فرار محلول در آب

(۳) مقدار درصد اسیدهای چرب فرار نامحلول در آب

(۴) درصد اسیدبوتریک محلول در سولفات پتاسیم

۲۱ - عوامل مهم در پدیده برگشت روغن‌ها عبارتند از حضور

(۱) اکسیژن و کاتالیزورهای فلزی در روغن

(۲) برخی از پیگمان‌ها مانند کلروفیل و اکسیژن

(۳) اسید لینولنیک و اسید ایزولینولئیک

(۴) کاتالیزورهای فلزی و رادیکال‌های آزاد

۲۲ - فراوان ترین اسید چرب اشباع شده کدام است؟

(۱) ۱۲:۰ (۲) ۱۴:۰ (۳) ۱۶:۰ (۴) ۱۸:۰

۲۳ - اسید مالوالیک و استرکولیک جزو کدام دسته از اسیدهای چرب هستند؟

(۱) فورانوئید (۲) سیکلوپنتنوئید (۳) سیکلوپروپنوئید (۴) سیکلوپروپانوئید

۲۴ - اسید واکسینیک ایزومر کدام ترکیب است؟

(۱) اسید آراشیدونیک (۲) اسید سوکسینیک (۳) اسید لینولئیک (۴) اسید اولئیک

۲۵ - کدام ترکیبات را نمی توان به عنوان آنتی اکسیدان در روغن های غذایی به کار برد؟

- (۱) ویتامین C, BHA (۲) ویتامین C و ویتامین E (۳) گوسیپول و ویتامین E (۴) BHA و ویتامین E

۲۶ - کدام مورد در تغییر گرمایی چربی ها صحیح است؟

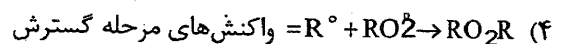
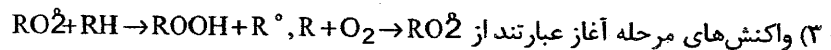
- (۱) افزایش نقطه دود (۲) افزایش ویسکوزیته (۳) کاهش ضریب شکست (۴) کاهش اندیس پراکسید

۲۷ - اندیس پولنسک چیست؟

- (۱) درصد اسیدهای چرب فرار محلول در آب (۲) درصد اسیدهای چرب اشباع شده محلول در الکل
(۳) درصد اسیدهای چرب کم فرار نامحلول در آب (۴) درصد اسیدهای چرب اشباع نشده محلول در الکل

۲۸ - کدام گزینه در مورد اتواکسیداسیون صادق است؟

- (۱) تنها عوامل مؤثر بر سرعت آن عبارتند از نور، مقدار اکسیژن و فلز
(۲) واکنش های آن به ترتیب دارای مراحل آغاز، گسترش و پایان است.



۲۹ - در نتیجه استری شدن داخلی مقدار مساوی تری استیارین و تری اولیین در شرایط مناسب چند درصد تری گلیسرید اولئیک

- استتاریک - اولئیک به دست می آید؟

- (۱) ۱۲/۵٪ (۲) ۱۷/۵ (۳) ۲۵ (۴) ۳۰

۳۰ - تفاوت فیزیکی روغن های کلزا با مقدار اسید اروسیک بالا و کم در دمای اتاق چیست؟

- (۱) نوع بلور (۲) نقطه ذوب (۳) حل پذیری (۴) گرانی

۳۱ - اسید الاییدیک کدام شکل است؟

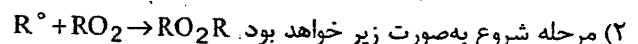
- (۱) ترانس اولئیک (۲) سیس اسید اولئیک (۳) سیس اسید لینولئیک (۴) ترانس اسید لینولئیک

۳۲ - در تجزیه حرارتی لیپیدها:

- (۱) اندیس یدی کاهش می یابد. (۲) ویسکوزیته کاهش می یابد. (۳) نمایه شکست (RI) کاهش می یابد. (۴) نقطه ذوب افزایش می یابد.

۳۳ - کدام گزینه در اکسیداسیون خود به خودی صحیح است؟

(۱) هیدروپراکسیدهای تولید شده در مرحله پیشرفت از محصولات ثانویه هستند.



(۳) تولید پروکسیدها در مرحله القاء تدریجی است و سپس به سرعت افزایش می یابد.

(۴) تنها عواملی که بر سرعت آن تاثیر می گذارند عبارتند از: غیراشباع شدگی مقدار اکسیژن و نور

۳۴ - در اثر استریفیکاسیون مقدار مساوی تری گلیسرید O-O-O و S-S-S کدام گزینه صحت دارد؟

(۱) مقدار O-O-O برابر S-O-O خواهد شد.

(۲) مقدار S-S-S برابر S-O-O هر کدام ۱۲/۵ درصد خواهد بود.

(۳) مقدار O-S-S مساوی O-S-O خواهد بود.

(۴) مقدار S-O-O و O-S-S هر کدام ۲۵ درصد خواهد بود.

۳۵ - اسید واکسینیک ایزومر کدام اسید چرب است؟

- (۱) اسید اروسیک (۲) اولئیک (۳) استئاریک (۴) پالمیتواولئیک

۳۶ - خاصیت ویتامینی و آنتی اکسیدانی توکوفرول ها به ترتیب چگونه است؟

- (۱) ویتامینی و آنتی اکسیدانی برعکس و $\alpha > \beta > \gamma > \delta$
 (۲) ویتامینی و آنتی اکسیدانی برعکس و $\alpha < \beta < \delta < \gamma$

- (۳) ویتامینی و آنتی اکسیدانی یکسان و $\alpha < \beta < \gamma < \delta$
 (۴) ویتامینی و آنتی اکسیدانی یکسان و $\alpha < \beta < \gamma < \delta$

۳۷ - در ترکیب کدام چربی اسید چرب استئاریک، پالمیتیک و اولئیک به مقدار مساوی وجود دارند؟

- (۱) نارگیل (۲) هسته نخل (۳) کره کاکائو (۴) شورتنینگ

۳۸ - بالاترین میزان اسید لینولنیک در ترکیب کدام روغن وجود دارد؟

- (۱) آفتاب گردان (۲) سویا (۳) گلرنگ (۴) کانولا

۳۹ - کدام یک از فرم های ویتامین ث اکسید کننده است؟

- (۱) اسید D اسکوربیک (۲) اسید L اسکوربیک (۳) اسید D ایزواسکوربیک (۴) اسید L دهیدرواسکوربیک

۴۰ - کدام یک از ویتامین های زیر از جمله مشتقات ایزوپروپنویل است؟

- (۱) ارگوسترول (۲) رتینول (۳) ریوفلاوین (۴) منادیول

۴۱ - کاروتنوئیدها چه نقشی در فوتواکسیداسیون اسیدهای چرب دارند؟

- (۱) کاتالیزوری (۲) ممانعت کنندگی (۳) بستگی به نوع اسید چرب دارد (۴) تشدید کنندگی

۴۲ - اندیس یدی کدام اسید چرب کم تر است؟

- (۱) اسید لینولئیک (۲) اسید لینولینک (۳) اسید اولئیک (۴) اسید پالمیتیک

۴۳ - کدام یک از خواص زیر در ترانس استریفیکاسیون چربی ها تغییر می نماید؟

- (۱) اندیس یدی (۲) اندیس رایشرمایسل (۳) عدد اسیدی (۴) نقطه ذوب

۴۴ - ضریب شکست در تجزیه حرارتی لیپیدها:

- (۱) افزایش می یابد (۲) کاهش می یابد

(۳) تغییر نمی کند

- (۴) بستگی به نوع ماده لیپیدی دارد.

۴۵ - تند شدگی ستونی مربوط به کدام اسیدهای چرب است؟

- (۱) اشباع نشده (۲) اشباع شده

(۳) اشباع شده و اشباع نشده

- (۴) اسیدهای چرب با دو باند مضاعف

۴۶ - کدام اسید چرب دارای کم ترین نقطه ذوب است؟

(۱) اسید استئاریک

(۲) اسید الایدیک

(۳) اسید اولئیک

(۴) اولئیک و الایدیک دارای نقطه ذوب یکسان و کم تر از استئاریک هستند.

۴۷ - اسید واکسینیک ایزومر کدام اسید چرب می باشد؟

- (۱) اولئیک (۲) استئاریک (۳) اروسیک (۴) پالمیتولئیک

۴۸ - هیدروژناسیون روغن‌ها باعث

- (۱) افزایش رنگ و کاهش ویتامین در روغن می‌گردد.
 (۲) افزایش ویتامین و رنگ در روغن می‌گردد.
 (۳) کاهش رنگ و ویتامین در روغن می‌گردد.
 (۴) تثبیت رنگ و ویتامین در روغن می‌گردد.

۴۹ - رانسیدیتی (تند) هیدرولیتیک که توسط لیپاز کاتالیز می‌شود، مشکل اصلی در می‌باشد.

- (۱) نان (۲) روغن ذرت (۳) محصولات لبنی (۴) گوشت

۵۰ - از هیدروژن دهی اسیدلینولتیک در محل کربن ۹ چه ترکیبی حاصل می‌شود؟

- (۱) اسید اولئیک (۲) اسید واکسینیک (۳) اسید ۱۲ - اکتادکانوئیک (۴) اسید ۱۲ اکتادسنوئیک

۵۱ - در روغن کبد ماهی کدام اسید چرب بیش‌تر دیده می‌شود؟

- (۱) استرکولیک (۲) فورانویید اسیدها (۳) سیکلو پنتنوییدها (۴) سیکلو پروپانها

۵۲ - کدام اسید چرب نسبت به لیپوکسی ژناز حساس است؟

- (۱) اسید اولئیک (۲) پالمیتیک (۳) استئاریک (۴) لینولتیک

۵۳ - آلدئیدها محصولات اکسیداسیون روغن‌ها هستند و برای ارزیابی آن‌ها از عدد استفاده می‌شود

- (۱) ثانویه، آنیزیدین (۲) نوع سوم، اسیدی (۳) اولیه - اسیدی (۴) ثانویه - پراکسید

۵۴ - کدام دو ترکیب جز ترکیبات غیرصابونی محسوب می‌شود؟

- (۱) الکل‌های تری‌نی، اسیل‌گلیسرول‌ها
 (۲) فسفولیپیدها، چربی‌های خنثی
 (۳) الکل‌های بلند زنجیره اسکالان، استرول‌ها
 (۴) تری‌اسیل‌گلیسرول‌ها و هیدرورکربن‌ها

پاسخنامه تست‌های فصل دوم

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

فصل سوم

سیستم‌های کلوئیدی

در بعضی از سیستم‌های غذایی و محلول دو فاز متفاوت قابل شناسایی می‌باشد، یکی فازی که غالباً از لحاظ مقداری فراوان‌تر است و فاز پیوسته نامیده می‌شود و دیگری فازی که درون فاز پیوسته پخش شده است و عموماً از لحاظ مقداری کم‌تر می‌باشد که به آن فاز پراکنده گفته می‌شوند.

اندازه ذرات و یا بخش‌های پراکنده در دیسپرسیون‌های کلوئیدی با محلول‌های حقیقی و سوسپانسیون‌ها متفاوت می‌باشد. به عبارت دیگر این ترکیبات نه آن قدر بزرگ هستند که تدریجاً رسوب کنند، مثل سوسپانسیون‌ها و نه آن قدر حل شده و کوچک هستند مثل محلول‌های حقیقی که به‌طور مداوم در کنار فاز پیوسته باقی بمانند.

در ضمن در این محلول‌ها غالباً آنکسارنور با محلول‌های حقیقی متفاوت است و نوعی حالت کدر دارند.

- در محلول‌های حقیقی اندازه‌ی ذرات پراکنده کم‌تر از 0.001 میکرون و در محلول‌های کلوئیدی بین 0.5-0.001 میکرون و در سوسپانسیون‌ها بیش از 0.5 میکرون می‌باشند.

هرگاه ذرات پراکنده در یک سیستم کلوئیدی نسبت به محیط اطراف خود تمایل به نزدیک شدن داشته باشند، کلوئید لیوفیل¹ است مثل صمغ‌ها، مواد پکتیکی و پروتئین‌ها که عمدتاً در صنایع غذایی وجود دارند.

اما اگر این چنین تمایلی به نزدیک شدن وجود نداشته باشد، کلوئید لیوفوب² است.

محلول‌های کلوئیدی را از طریق کاهش و یا افزایش اندازه‌ی ذرات پراکنده، تولید می‌کنند. مثل استفاده از آسیاب کلوئیدی (در تولید سس مایونز) یا روش‌های شیمیایی و یا الکتریکی که به آن پپتیزاسیون³ گفته می‌شود. اثر پپسین بر روی آلبومین تخم‌مرغ و خرد کردن آن و تهیه محلول کلوئیدی.

¹ Lyophile

² Lyophobe

³ peptization

برعکس زمانی که پروتئین دناتوره می‌شود، نوعی تجمع ذرات همراه با بزرگ شدن آن‌ها (اندازه) صورت می‌گیرد که آن هم نوعی سیستم کلوئیدی می‌باشد که کندانسه شدن^۱ نامیده می‌شود. تمامی ذرات الکتریکی در سطح خود بار الکتریکی دارند که در یک سیستم مشخص به این جهت یکدیگر را دفع نموده و سیستم پایدار می‌ماند. بارها تحت اثر یون‌ها تغییر می‌کنند. انواع سیستم‌های کلوئیدی به شرح جدول زیر می‌باشد:

مثال	فاز پراکنده در فاز پیوسته	نام سیستم کلوئیدی
شیر بدون چربی، نشاسته در آب سرد و پروتئین در آب سرد	جامد در مایع	سول
ژله‌ها، پاستیل، خمیر داغ نشاسته	مایع در جامد	ژل
کره، مارگارین، (فاز پیوسته در اثر نگهداری در سرما به صورت جامد در می‌آید)	مایع در جامد	امولسیون جامد
خامه‌ی زده شده، سفیده‌ی تخم مرغ زده شده	گاز در مایع	کف
بستنی، نان، شکلات‌های حاوی گاز	گاز در جامد	کف جامد
دود	جامد در گاز	آیروسل
بر دو نوع O/W (خامه) و W/O (کره) می‌باشد.	مایع در مایع	امولسیون

نکته: یک سیستم کلوئیدی همواره ویژگی‌های فاز پیوسته را از خود نشان می‌دهد.

ژل‌ها^۲

زنجیره‌ای از مولکول‌های بزرگ هستند که شبکه‌ای سه بعدی تشکیل می‌دهند که درون آن بخش مایع به شکلی نسبتاً محکم مهار شده است، به طوری که ساختاری جامد یا نیمه جامد دارند. اما با این وجود بیش‌تر ژل‌ها واکنش‌های یک مایع را نشان می‌دهند.

- ماده‌ای که برای تولید ژل به کار می‌رود، هر چه خواص آب دوستی بیش‌تری داشته باشد، ژل بهتر و آسان‌تر تشکیل می‌شود. اما علاوه بر آب دوستی ژل باید توانایی تشکیل شبکه‌ای سه بعدی را داشته باشد. به همین دلیل آمیلوپکتین با وجود قدرت جذب آب زیادتر نسبت به آمیلوز به علت ساختمان منشعب خود، توانایی تشکیل ژل را ندارد.

ویژگی آب دوستی بستگی به pH و غلظت الکترولیت‌ها در محیط دارد. عموماً تشکیل ژل در دمای پایین بهتر صورت می‌گیرد.

نکته: درجه حرارتی که یک ژل ذوب می‌شود، بالاتر از درجه حرارتی است که ژل می‌بندد. این پدیده را هیستریزیس^۳ می‌نامند.

- در هنگام نگهداری برخی ژل‌ها، بخشی از مایع آن به اطراف تشت می‌کند که سینرزیس^۴ نامیده می‌شود.

عوامل موثر بر سینرزیس

۱- pH حداکثر سینرزیس زمانی صورت می‌گیرد که ژل در نقطه‌ی ایزوالکتریک خود باشد.

۲- دما: عموماً با افزایش دما سینرزیس نیز افزایش می‌یابد.

¹ Condensation

² Gels

³ Hysteresis

⁴ syneresis

امولسیون‌ها

امولسیون یکی از انواع سیستم‌های کلوئیدی است که شامل یک سیستم ناهمگون می‌باشد که مخلوطی از دو مایع غیرقابل اختلاط است که در آن یکی از فازها به صورت قطراتی که قطر آن‌ها بیش‌تر از 0.1 میکرون است، در مایع دیگر پراکنده می‌شود. اما این سیستم‌ها در حالت عادی به علت اختلاف دانسیته و نیروی کشش بین سطحی به راحتی دو فاز می‌شوند.

برای روشن شدن وضعیت کشش سطحی می‌توان حالت مولکول‌های آب را در یک ظرف مورد توجه قرار داد.

جذب سطحی یک مولکول آب که در سطح واقع شده با مولکول آبی که در داخل آب است، وضعیتی متفاوت دارد. زیرا تحت تأثیر نیروهای بین مولکولی غیرمتقارن قرار دارند.

مولکول‌های درون آب به‌طور یکنواخت توسط مولکول‌های اطراف کشیده می‌شوند، اما مولکول‌های سطحی توسط مولکول‌های زیرین کشیده می‌شوند، اما چنین کششی توسط مولکول‌های هوا وجود ندارد. لذا مولکول‌های قسمت سطحی به قسمت درون کشیده می‌شوند. زیرا در آن جا انرژی پتانسیل کم‌تری دارند که به آن نیروی کششی سطحی^۱ می‌گویند.

این موضوع در مورد دو مایع غیرقابل اختلاط مثل آب و روغن هم وجود دارد. یعنی مولکول‌هایی که در قسمت سطحی بین دو مایع قرار دارند هر یک به طرف درون محیط مشابه خود کشیده می‌شوند و به این ترتیب نیروی کششی در سطح میان دو مایع به وجود می‌آید، در چنین حالتی از این نیروی کششی به‌عنوان کشش بین سطحی^۲ نام می‌برند.

برای تشکیل امولسیون باید با به کارگیری انرژی، فاز غیرپیوسته را به صورت ذرات ریز در آوریم. در چنین حالتی سطح فاز پراکنده زیاد می‌شود و برای حفظ چنین امولسیون نیاز به انرژی و یا ترکیبی معین وجود دارد. پس اصولاً امولسیون‌ها بسیار ناپایدارند. می‌توان میزان ثبات آن‌ها را با افزودن امولسیفایر افزایش داد. امولسیفایرها عوامل فعال سطحی^۳ هستند.

امولسیفایرها از طریق جلوگیری از به هم پیوستن فاز پراکنده و در نتیجه کاهش کشش بین سطحی بین دو فاز، از امولسیون حمایت نموده و مانع دو فاز شدن آن می‌شوند.

امولسیفایرها چون دارای دو فاز متفاوت هستند، پس توسط هر دو فاز جذب می‌شوند و آن‌ها را به هم نزدیک می‌کنند.

• اندازه‌ی نسبی دو بخش هیدروفیل و لیپوفیل تعیین‌کننده‌ی خواص امولسیفایرها می‌باشد که از آن تحت عنوان HLB^۴ نام برده می‌شود.

$$HLB = \frac{\text{وزن مولکولی قسمت هیدروفیل}}{5}$$

• فازی که امولسیفایر ترجیحاً در آن محلول است، فاز پیوسته است.

اساساً ویسکوزیته فاز پیوسته در تعیین ویژگی‌های رئولوژیکی امولسیون‌ها نقش مهمی دارد. ویسکوزیته یک امولسیون همیشه از ویسکوزیته فاز پیوسته آن بیش‌تر و در اغلب موارد از ویسکوزیته فاز پراکنده زیادتر است.

¹ Surface tension

² Interfacial tension

³ Surface active agents

⁴ Hydrophilic lipophic Balance

- همواره فازی که از نظر مقداری غالب است فاز پیوسته محسوب نمی‌شود مثلاً در سس مایونز با وجود اینکه روغن از نظر مقداری بسیار بیشتر از فاز آبی (سرکه) می‌باشد اما آب فاز پیوسته می‌باشد و قطرات روغن، حباب‌های هوا و ذرات پروتئین فاز پراکنده را تشکیل می‌دهند یعنی امولسیون آن از نوع O/W است.
 - در مارگارین‌های کم‌چرب نیز با وجود اینکه مقدار روغن خیلی کم‌تر از فازی آبی می‌باشد اما فاز پیوسته محسوب می‌شود یعنی امولسیون از نوع O/W است.
- برای تعیین نوع امولسیون روش‌های مختلفی وجود دارد. رقیق کردن ساده‌ترین آن‌ها است. چند قطره آب به امولسیون اضافه می‌شود. اگر روغن در آب باشد، آب در فاز پیوسته حل می‌شود اما اگر آب در روغن باشد به دلیل عدم اختلاط آب با فاز پیوسته تغییراتی در امولسیون بوجود می‌آید.
- امولسیفایرها در دو نوع یونی (کاتیونی، آنیونی، آمفوتری) و غیریونی ساخته می‌شوند.
- انواع کاتیونی در محیط اسیدی و انواع آنیونی در محیط بازی فعال هستند. نوع آمفوتری در pH بالاتر یا پایین‌تر از نقطه‌ی ایزوالکتریک خود خواص خود را ظاهر می‌کنند.
- عیب امولسیفایرهای یونی این است که با یون‌های مختلف (H^+ یا یون‌های دو یا سه ظرفیتی) واکنش داده و تشکیل کمپلکس می‌دهند، در نتیجه قدرت امولسیفایری یا حلالیت آن‌ها کاهش می‌یابد. اما انواع غیر یونی معمولاً در یکی از فازها محلول هستند و با یون‌ها واکنش نمی‌دهند.
- در امولسیفایرهای غیر یونی خنثی با افزایش دما از میزان جذب آب قسمت آبدوست کاسته شده، در حالی که قدرت و اثر چربی دوستی افزایش می‌یابد. در نتیجه در بعضی امولسیفایرها در دمای بالا یک تغییر حالت از امولسیون روغن در آب به امولسیون آب در روغن رخ می‌دهد. درجه حرارتی که این عمل در آن رخ می‌دهد، درجه‌ی حرارت تبدیل فاز است.
- امولسیفایرهای با HLB خیلی پایین (نزدیک به صفر) و یا خیلی بالا (نزدیک به 20) به علت اینکه کاملاً به یک فاز متمایل هستند نمی‌توانند خاصیت امولسیفایری داشته باشند. HLB های خیلی پایین کاملاً متمایل به فاز چربی و HLB بالا کاملاً متمایل به فاز آبی می‌باشد.
- امولسیفایرهایی با 3 تا 6 HLB جهت امولسیون‌های آب در روغن و انواع با HLB بین 8 تا 18 جهت امولسیون‌های روغن در آب مناسب هستند. به امولسیفایرهای دارای محدوده‌ی HLB 8 تا 6 یا (9 تا 7) اصطلاحاً مرطوب‌کننده¹ گفته می‌شود.

نقش امولسیفایرها در سیستم غذایی

۱- افزایش پایداری امولسیون

۲- بهبود نرمی همراه با کاهش بیات شدن در محصولات نانوائی

۳- افزایش قوت خمیر بعلت تداخل با گلوتن

۴- بهبود قوام محصولاتی که پایه‌ی چربی دارند.

عمل امولسیفایرها می‌تواند با حضور استابیلایزرها افزایش یابد. استابیلایزرها مثل صمغ‌ها از طریقه‌ی افزایش ویسکوزیته پایداری امولسیون را افزایش می‌دهند.

• مولکول‌های امولسیفایر در سیستم آبی پدیده‌ی مزومورفیسم را نشان می‌دهند. مزومورفیسم به معنی تشکیل فازهای کریستال مایع است. یعنی حالت خاصی از ماده است که همانند مایعات سیالیت دارند و همانند کریستال‌ها، نور را در جهات مختلف منعکس می‌کنند.

امولسیفایرها علاوه بر تشکیل امولسیون‌ها کاربردهای بسیار مختلفی در غذاها دارند. آن‌ها با اجزای غذا کمپلکس‌هایی تشکیل می‌دهند که سبب اصلاح فیزیکی سیستم غذایی می‌شوند. مثل اثر ایجاد کمپلکس با آمیلوز.

انواع امولسیفایرها^۱

- مونوگلیسیریدها:

امولسیفایرهایی غیر یونی هستند. و به جهت HLB پایینی که دارند در امولسیون‌های w/o به کار می‌روند. مونوگلیسیریدهای موجود در بازار ترکیبی از مونو دی و تری گلیسیرید هستند که از اینتراستریفیکاسیون تری گلیسیریدها در خلا، و دمای بالا با مقدار اضافی گلیسرول تهیه می‌شود.

- فسفولیپیدها:

امولسیفایرهای یونی هستند. لستین تجاری مخلوطی از فسفاتیدیل کولین، فسفاتیدیل اتانول آمین، فسفاتیدیل اینوزیتول و فسفاتیدیل سرین است. لستین خام مقدار کمی، تری گلیسیرید و اسید چرب و کربوهیدرات و استرول را نیز دارا می‌باشد (% 0.1-0.3). لستین امولسیون‌های O/W را پایدار می‌کند در حالی که سفالین و اینوزیتول W/O را پایدار می‌کند. ولی چون در لستین تجاری از هر دو نوع موجود است، پس خاصیت امولسیفایری هر دو نوع امولسیون را دارد. حلالیت فسفاتیدیل کولین در اتانول نسبت به سفالین زیادتر است. تفکیک لستین در اتانول % 90 سبب افزایش غلظت لستین می‌شود که نسبت آن‌ها $\frac{8}{1}$ می‌شود. این محصول خواص امولسیفایری O/W بهتری دارد و یک عامل ضد رگه‌ای شدن مارگارین می‌شود.

- استریلی گلیسرول:

غیر یونی بوده و دامنه‌ی وسیعی از HLB را دارد. درجه‌ی آب دوستی آن‌ها بستگی به تعداد گروه‌های آزاد هیدروکسیل آن‌ها دارد.

- استرهای اسید چرب سوربیتان:

سوربیتان مونواسترات، محصول واکنش بین سوربیتول و اسید چرب می‌باشد. امولسیفایری غیر یونی است. استر قندی از استری کردن اسیدهای چرب با ساکارز یا لاکتوز به دست می‌آید. برای امولسیون‌های w/o به کار می‌رود.

- سدیم استیروئیل ۲- لاکتیلیت:

یک امولسیفایر یونی است. آب دوست است و امولسیون‌های بسیار پایدار روغن در آب به وجود می‌آورد. امولسیون تشکیل شده می‌تواند چندین مرتبه عمل انجماد و خروج از انجماد را انجام دهد. در اثر واکنش اسید استتاریک با اسید لاکتیک ایجاد می‌شود. به منظور تقویت ارزش غذایی آردهای مختلف مثل آرد گندم و آرد سویا به طور مخلوط به کار برده می‌شود.

مقدار مورد نیاز امولسیفایر برای فراهم کردن یک لایه‌ی تک مولکولی برای هر ذره‌ی امولسیونه شده را می‌توان از رابطه‌ی $\frac{A}{V} = \frac{6}{D}$ محاسبه کرد:

A = سطح ذره‌ی کروی

V = حجم ذره‌ی کروی

D = قطر ذره‌ی کروی

مقدار مورد نیاز امولسیفایر با کاهش اندازه‌ی ذرات امولسیون شده سریعاً افزایش می‌یابد. این موضوع سبب محدودیت عملی در کاهش اندازه‌ی ذرات امولسیفیکاسیون می‌شود.

ماده‌ای که از مولکول‌هایی با نسبت سطح به وزن مولکولی بالا تشکیل شده باشد و در نتیجه لایه‌ی نازک فیلم مقاومی را تولید کند می‌تواند یک امولسیفایر مؤثر باشد.

تست‌های فصل سوم

۱ - کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) اگر HLB در یک امولسیفایر کم‌تر از ۹ باشد، پایدار کننده چربی در آب است.
 - (۲) نسبت درصد مولی گروه‌های هیدروفیل به لیپوفیل در یک مولکول امولسیفایر HLB دارد.
 - (۳) نسبت درصد وزنی گروه‌های هیدروفیل به لیپوفیل در یک مولکول امولسیفایر HLB نام دارد.
 - (۴) چنانچه HLB در یک امولسیفایر بین ۱۱ و ۲۰ باشد پایدار کننده آب در روغن است.
- ۲ - در صورتی که عدد HLB یک امولسیفایر کم‌تر از ۱۰ باشد، در کدام یک از غذاهای ذیل می‌تواند استفاده شود؟

(۱) بستنی (۲) خامه (۳) خمیر کیک (۴) کره گیاهی

۳ - کدام یک از ترکیبات زیر امولسیفایر می‌باشد؟

(۱) اسیدهای چرب (۲) فسفات‌ها (۳) مونوگلیسریدها (۴) تری گلیسریدها

۴ - اموسیون کننده در دامنه HLB ۷-۹ چه نقشی دارد؟

(۱) اموسیون کننده O/W (۲) اموسیون کننده W/O (۳) پایدار کننده کدورت (۴) مرطوب کننده

۵ - وجه متمایز کننده اموسیون کننده‌های غیر یونی و یونی کدام است؟ رفتار

(۱) آرایش مولکولی (۲) گروه چربی گرا در چربی

(۳) گروه آب‌گرا در آب (۴) گروه آب‌گرا و چربی گرا در همه سیستم

پاسخنامه تست‌های فصل سوم

- ۱ - گزینه ۲ صحیح می‌باشد.
- ۲ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۳ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.
- ۴ - گزینه ۴ صحیح می‌باشد.
- ۵ - گزینه ۳ صحیح می‌باشد.

فصل چهارم

پروتئین‌ها^۱

پلیمرهایی با وزن مولکولی بالا هستند که ساختار پیچیده‌تری نسبت به سایر ترکیبات مثل کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها دارند. این گروه از اتصال واحدهای سازنده‌شان یعنی آمینواسیدها به وجود می‌آیند. پروتئین پس از آب فراوان‌ترین ماده بدن (18%) است.

• پروتئین‌ها علاوه بر اکسیژن، هیدروژن و کربن دارای مقادیری ازت هستند، که ترکیبات دیگر فاقد آن می‌باشند. به همین علت وجه مشخصه پروتئین‌ها از سایر ترکیبات تعیین میزان ازت آن‌ها است.

البته علاوه بر این چهار عنصر، فسفر و گوگرد نیز در بسیاری از پروتئین‌ها یافت می‌شوند.

جهت سنجش میزان پروتئین‌ها میزان ازت آلی نمونه را توسط روش کلدال (کجدال) تعیین می‌کنند و در عددی موسوم به فاکتور پروتئین ضرب می‌کنند. در مورد اکثر مواد غذایی فاکتور پروتئین 6.25 در نظر گرفته می‌شود. در این حالت فرض بر این است که تمام

$$\text{پروتئین‌ها } 16\% \text{ ازت دارند. } \left(\frac{100}{16} = 6.25 \right)$$

20 یا 21 واحد آمینواسید مختلف از پروتئین‌های غذا یا بدن به دست آمده است. این ترکیبات تماماً دارای ساختار کربوکسیل و آمین هستند پس این ترکیبات دارای هر دو خاصیت بازی و اسیدی هستند.

ساده‌ترین آمینواسید طبیعت گلیسین (آمینو استیک‌اسید) است که در آن به جای R یک گروه هیدروژن قرار گرفته است.

به جز گلیسین تمام آمینواسیدهای دیگر دارای کربن کایرال (نامتقارن) هستند پس از لحاظ نوری فعال هستند. اتم کربن مجاور گروه کربوکسیل به سبب استخلاف‌های گوناگون تبدیل به کربن کایرال می‌شود.

نکته: گلیسین تأثیر بر نور پلاریزه ندارد و به فرم L است.