

## Липиды.

План:

1. Общие сведения.
2. Функции липидов.
3. Классификации липидов.
4. Пищевая ценность жиров.
5. переваривание липидов.
6. Всасывание липидов.

**Липиды** – сложная, неоднородная группа низкомолекулярных органических соединений, полностью или почти полностью нерастворимые в воде. Различные представители класса липидов настолько непохожи по структуре, физико-химическим свойствам и биологической роли (сравним, например, триглицериды и стероиды), что трудно найти критерии, объединяющие их воедино. Есть все же одно фундаментальное физико-химическое свойство, объединяющее всех представителей этого класса. Это их алифатичность, гидрофобность, полное или частичное неприятие воды и водных растворов. Практически все липиды имеют в составе своих молекул более или менее выраженную неполярную углеводородную часть, обеспечивающую их гидрофобные свойства. Даже хорошо растворимые в воде липиды (желчные кислоты, мыла) частично гидрофобны, что обеспечивает их дифильные свойства и, как следствие, высокую эмульгирующую способность.

Липиды могут быть извлечены из клеток животных, растений и микроорганизмов неполярными органическими растворителями, такими как хлороформ, эфир, бензол.

### **Функции липидов**

Выше уже отмечалось, что к классу липидов относятся различные, зачастую непохожие друг на друга органические соединения, различающиеся не только по структуре и свойствам, но и по биологической роли. Это обстоятельство обеспечивает широкое разнообразие биологических функций липидов. Большое количество различных, непохожих, на первый взгляд функций, можно объединить по биологически-смысловой направленности в несколько групп. Ниже приводится их систематизированный перечень, объединенный в четыре основных группы.

1). Пластическая функция - является, пожалуй, одной из ключевых. Большая группа липидов, обладающих дифильными свойствами (фосфолипиды, сфинголипиды, гликолипиды, холестерин и др.) образуют основу

биологических мембран – их билипидный слой, где гидрофобные хвосты двойного слоя липидных молекул повернуты друг к другу, а полярные, гидрофильные головки обращены наружу и контактируют с водной фазой. Эту функцию трудно переоценить, т.к. наличие билипидного мембранного слоя определяет само существование клеток и, следовательно, клеточных форм жизни.

2). Резервная функция – обеспечивается, в большей степени, триацилглицеридами жировой клетчатки. Этот класс веществ практически нерастворим в воде и поэтому легко депонируется в клетках жировой ткани и тканей других видов. Жировые депо выполняют в основном, функцию запаса энергии, хотя могут также обеспечивать потребности организма в воде и многих питательных веществах и важных метаболитах.

а) энергетическая функция – липиды в два с лишним раза более энергоемки (9,3 кКал/г), чем углеводы и белки (4,1 кКал/г), неудивительно, что именно они выбраны эволюцией в качестве главного депо энергии для животных и растительных организмов. Следует отметить, что гликоген тоже депонирует энергию, но они (гликоген и липиды) не являются конкурентами в этом плане, наоборот, они гармонично дополняют друг друга. Понять это поможет следующая аналогия: если сравнить энергию нашего организма с деньгами, то гликоген можно назвать кошельком, а липиды – банком организма. Гликоген, как и кошелек, хранит малое количество энергии (запасов которой хватает на 10-12 часов спокойной жизнедеятельности или 15-20 минут интенсивной физической работы), но зато эта энергия (как и деньги в кошельке) очень доступна и мобилизуется за считанные секунды. Липиды хранят колоссальное количество энергии - даже у худощавого человека их запасов хватает на 1-1,5 месяца полного голодания; но эта энергия, как и деньги в банке, очень трудно и медленно реализуется. Это объясняет тот факт, что при длительном голодании, субъективно, самыми тяжелыми являются вторые сутки, когда запасы гликогена уже истощены, а тканевой липолиз еще не активирован в достаточной степени.

б) водообразующая функция - липиды являются не только депо энергии. При их окислении образуется значительное количество воды, что эффективно применяется многими живыми организмами. Верблюды, например, могут использовать воду, образующуюся при окислении жира, содержащегося в их горбах.

в) функция источника питательных веществ – на различных этапах гидролиза и окисления липидов жировой ткани образуется множество продуктов,

которые могут выступать в качестве необходимых метаболитов или источников для образования ряда питательных веществ. Медведь гризли, например, находится в спячке 7 месяцев в году, и в течение всего этого времени он не ест, не пьет, не выделяет мочи и кала. В этот период, его потребности в энергии, питательных веществах и воде, обеспечиваются только за счет липидов жировой ткани.

3). Регуляторная функция - многие биологически активные вещества имеют липидную структуру или входят в состав липидов. К наиболее значимым биорегуляторам липидной природы можно отнести:

- стероидные гормоны (глюкокортикоиды, минералокортикоиды, андрогены, эстрогены, прогестины);
- гормоноиды (прежде всего - простогландины);
- коферменты липидной природы (КоQ и др.);
- жирорастворимые витамины (A, D, E, K).

4). Барьерная функция. Большое количество различных, на первый взгляд, функций, имеют общий признак: липиды выступают в качестве, какого либо барьера в организме.

Можно выделить следующие барьеры:

а) мембранный - упомянутые выше классы липидов образуют клеточные и субклеточные мембранные барьер

б) электрический. Липиды практически не проводят электричество. Это свойство используется в построении миелинового нервного волокна: миелиновая оболочка, имеющая большой процент жиров, выступает в качестве изолятора, сохраняющего электрический импульс. Кроме того, покровные ткани, также имеющие большое количество липидов в своем составе, плохо проводят электроток, и представляют тем самым, относительный барьер при внешнем электрическом поражении.

в) термический - у многих животных холодных зон (особенно водоплавающих) мощный слой подкожного жира является прекрасной защитой от переохлаждения. То же можно сказать о людях северных популяций, имеющих больший процент подкожного жира.

г) водный - большинство водоплавающих птиц и млекопитающих используют жировые и сальные секреты специальных наружных желез для защиты наружных покровов (перья, шерсть) от намокания («как с гуся вода»).

Многие дифильные липиды могут выступать в качестве адаптеров, способствующих условному растворению гидрофобных структур в водных растворах. Эта способность полярных жиров к эмульгированию широко используется как в биосистемах (фосфолипиды, желчные кислоты и др.), так и в хозяйственной деятельности человека (мыла, эмульгаторы).

д) механический – подкожно-жировая клетчатка, благодаря своей рыхлости и эластичности, выступает также в качестве барьера от внешних механических воздействий. Особое значение эта функция выполняет в период беременности, когда плод защищается несколькими килограммами новообразованного жира подкожной клетчатки живота и внутрибрюшинной жировой ткани.

### **Классификации липидов.**

Здесь представлены две основных классификации липидов: по структуре и растворимости в воде.

Классификация по структуре. Следует сказать, что по причине уже упомянутого крайнего разнообразия класса липидов, их классификация по структуре просто не может быть в достаточной степени стройной и совершенной:

Липиды:

1). Неомыляемые (терпены, стероиды)

2) Омыляемые:

-сложные - фосфолипиды (фосфоглицериды, сфинголипиды) и гликолипиды (цереброзиды, ганглиозиды);

-простые – воска, триглицериды.

Классификация по растворимости в воде.

Различные представители класса липидов в силу структурных различий имеют неодинаковую степень гидрофобности и, следовательно, разное отношение к воде как к растворителю.

Отдельно выделяется группа эфиров холестерина – они абсолютно нерастворимы в воде и не растекаются по ее поверхности.

Липиды:

1. Нерастворимые – растекаются по поверхности воды (холестерин, ди- и триглицериды, жирные кислоты с длинной цепью)

2. Дифильные – в воде образуют билипидные пленки (фосфолипиды, некоторые сфинголипиды и моноглицериды)
3. Условно растворимые:
  - а) образуют билипидные пленки и мицеллы (мыла, лизолецитины, лизокефалины и др.),
  - б) образуют мицеллы (желчные кислоты и их соли).

### **Пищевая ценность жиров.**

Липиды являются одним из трех основных компонентов пищи и, безусловно, имеют большую пищевую ценность. Мы уже упоминали, что липиды являются самым энергоемким классом биологических веществ, именно поэтому, несмотря на то, что на их долю приходится не более 1/6 массы сухого остатка пищи, они обеспечивают около 40% от общих энергетических потребностей организма.

В состав пищевого жира входят также незаменимые вещества, жизненно необходимые организму:

- жирорастворимые витамины А, D, Е, К;
- незаменимые ВЖК: линолевая, линоленовая, арахидоновая, объединены под общим названием «витамин F». Разумеется, это эмпирическое название условно, т.к. этот набор веществ витамином, в полном смысле, не является.

Суточные потребности в пищевых липидах составляют 60-100 г, хотя эта цифра может сильно варьировать в зависимости от: • физической активности человека (прямая зависимость); • средней температуры окружающей среды: калорийный жир пищи эффективно защищает организм от охлаждения, поэтому потребности в жирах увеличиваются в холодное время года и в холодных климатических зонах. Важно предусмотреть не только необходимое количество жира в рационе, но и качественный оптимальный состав. Полноценность жира определяется содержанием биологически активных компонентов: жирорастворимых витаминов, фосфолипидов, ненасыщенных ЖК и стероидов. Как известно, животные жиры содержат жирорастворимые витамины, но лишены или содержат очень мало ненасыщенных ВЖК. В составе растительных жиров нет витаминов, арахидоновой кислоты, но в них широко представлены линолевая кислота, фосфолипиды. Оптимальным является сочетание в рационе животных (80%) и растительных жиров (20%) жиров. Пищевая ценность растительных масел объясняется наличием в их составе ненасыщенных ВЖК и, самое главное, - незаменимых жирных кислот, о которых говорилось выше.

Массовое соотношение белка, жира и углеводов пищи составляет в среднем 1:1:4.

Главной проблемой процессов усвоения экзогенных липидов (их переваривания и всасывания) для биосистемы является их гидрофобность. Перед организмом встает стратегическая задача – адаптация жизненно необходимых, но нерастворимых веществ к водным средам организма. Задача эта решается трудно и на протяжении всего процесса переваривания, всасывания и транспорта липидов. Решение этой проблемы сводится, в общих чертах, к тому, что мельчайшие нерастворимые липидные частицы, образующие гидрофобное ядро микроскопических размеров, окружаются слоем дифильных молекул, служащих адапторами между миром гидрофобных структур и водных растворов.

### **Переваривание липидов.**

Как уже было сказано выше («функции липидов») липиды являются очень ценным, ключевым для человеческого организма классом веществ. Очевидно, поступление в организм разнообразных липидов извне, т.е. с пищей, жизненно необходимо. Но здесь мы сталкиваемся с препятствием физико-химического плана. Любая биосистема представляет сложнейшую композицию истинных и коллоидных водных растворов, именно в водной среде протекают все метаболические процессы. Липиды же, в отличие от других классов важнейших биомолекул, в той или иной степени гидрофобны и перевод нерастворимых (или плохо растворимых) в воде жировых структур представляет серьезную проблему. Главная задача организма – адаптировать гидрофобные липидные компоненты к своим полярным водным средам. Проблема эта сопровождает практически все стадии жирового обмена, и решается с помощью разнообразных дифильных липотропных эмульгаторов. Не является исключением и начальная фаза липидного обмена – переваривание и всасывание. Усвоение пищевых липидов является сложным процессом, протекающим с большими для организма трудностями, чем усвоение любой другой группы пищевых веществ. В организме взрослого человека переваривание жиров начинается в 12- перстной кишке. Кислое желудочное содержимое попадает в полость 12- перстной кишки, где происходит нейтрализация бикарбонатов. Образующаяся при этом газообразная углекислота способствует перемешиванию и частичному диспергированию пищевых масс. Но гидролиз липидов в ЖКТ возможен только после предварительного эмульгирования. Функцию эмульгаторов выполняет секретлируемая печенью желчь, точнее дифильные компоненты желчи: фосфоглицериды и, особенно, желчные кислоты. Желчные кислоты

являются веществами с двойственными физикохимическими свойствами, т.к. их молекулы представляют гидрофобные стероидные структуры, оснащенные полярными гидрофильными частицами – карбоксильной и гидроксильными группами. Эта особенность строения молекул желчных кислот обеспечивает их исключительные амфифильные свойства, благодаря чему желчные кислоты являются прекрасными 9 адаптерами между алифатическим миром липидов и полярным миром водных растворов. Главным пищеварительным ферментом, ответственным за гидролиз жиров, является панкреатическая липаза. Этот фермент синтезируется секреторными клетками поджелудочной железы в неактивной форме – пролипазы.

### **Всасывание липидов.**

Всасывание продуктов переваривания жиров происходит в проксимальных отделах тонкого кишечника. Лиофильные фракции: глицерин и короткоцепочечные ВЖК всасываются непосредственно в кровь. Транспорт высших жирных кислот кровью осуществляется в связанном состоянии – в комплексе с главным транспортным белком плазмы крови – альбумином. Нерастворимые фракции продуктов переваривания липидов: нейтральные жиры, длинноцепочечные ВЖК, холестерин, его эфиры и др., не способны к прямому поглощению энтероцитами. Поэтому в проксимальных отделах тонкого кишечника происходит дополнительное дробление микрокапелек. Интересна судьба мицеллярных желчных кислот. После проникновения внутрь энтероцитов в составе всасывающихся мицелл, желчные кислоты отделяются от них, попадают в порталный кровоток и по системе воротной вены проникают в печень. Далее желчные кислоты секретируются гепатоцитами с желчью и попадают в двенадцатиперстную кишку, вновь начиная цикл липидного пищеварения. За сутки молекула желчной кислоты совершает в среднем 6-8 таких циклов.

**Ресинтез жиров в кишечной стенке.** Попавшие из просвета кишечника внутрь энтероцитов продукты переваривания липидов могут тут же участвовать в синтезе триглицеридов, фосфолипидов и других жиров. Назначение этого процесса – образование «своих», более близких организму липидов.

Ресинтез липидов в кишечной стенке может проходить двумя путями:

а) начиная от моноглицеридов и б) начиная с глицерина.

Стоит заметить, что процесс обратного синтеза жиров не является тотальным. Это обусловлено тем, что гидролиз липидов в ЖКТ никогда не протекает полностью, т.к. даже в самых мелких эмульгированных жировых капельках не

все липиды доступны гидролитическому действию липаз. В результате, среди продуктов переваривания жиров встречаются в достаточном количестве моно-, ди-, и даже триглицериды, которые именно в таком виде попадают в процессе всасывания в энтероциты. Эти триглицериды, разумеется, не подвергаются ресинтезу и могут в неизменном виде транспортироваться в жировые депо. Доказано, что весьма значительная часть пищевого жира попадает в жировые депо в совершенно неизменном виде.