СОСТАВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОКА

**1. Основные компоненты молока**

Молоко – биологическая жидкость, которая образуется в молочной железе млекопитающих и предназначена для вскармливания детеныша и предохранения его от инфекции в первые дни жизни. Это многокомпонентная сбалансированная система, обладающая высокими питательными, иммунологическими и бактерицидными свойствами.

В состав молока входят вода, белки, липиды, углеводы, минеральные вещества, витамины, ферменты, гормоны и ряд других компонентов. Некоторые из основных его компонентов (лактоза, казеин) ни в каких других природных продуктах не обнаружены.

Наибольший удельный вес коровьего молока занимает вода (более 85%). На остальные компоненты, входящие в состав сухого остатка, приходится 11 – 14%. Содержание сухого обезжиренного остатка молока (СОМО) составляет 8-9%. В состав молока входят также газы, содержание которых незначительно.

Большая часть воды молока находится в свободном состоянии (83-86%), а меньшая часть (3-3,5%) – в связанной форме.

Свободная вода является растворителем органических и неорганических соединений молока, участвует во всех биохимических процессах, протекающих в молоке при выработке молочных продуктов. Легко удаляется при замораживании и при высушивании.

Связанная вода по форме связи с компонентами делится на три группы: вода химической, физико-химической и механической связи.

Наиболее прочной является химическая связь воды в химических соединениях и кристаллогидратах. В молочных продуктах химически связанная вода представлена водой кристаллогидратов молочного сахара (C12H22O11\*H2O). Ее можно удалить при нагревании гидратной формы сахара до температуры 125-1300С.

Физико-химическая связь воды характеризуется средней прочностью. Она образуется в результате притяжения диполей воды полярными группами молекул белков. Гидратация частиц белка обусловлена наличием на их поверхности, а также внутри белковых молекул, полярных групп: -COOH, -OH, >CO-NH<, NH2-, -SH и др. При адсорбировании воды диполи располагаются несколькими слоями вокруг гидрофильных центров молекулы белка, образуя т.н. гидратную оболочку.

Связанная вода по своим свойствам значительно отличается от свободной воды. Она не замерзает при низких температурах (-400С), не растворяет электролиты, имеет плотность, вдвое превышающую плотность свободной воды, не удаляется из продукта при высушивании. Связанная вода, в отличие от свободной, недоступна микроорганизмам. Поэтому, для подавления развития микрофлоры в пищевых продуктах свободную воду полностью удаляют или переводят в связанную, добавляя влагосвязывающие компоненты (сахар, соли, многоатомные спирты и пр.). При этом понижается величина так называемой "активности воды".

Вода механической связи обладает свойствами свободной воды. Она механически захватывается и удерживается ячейками структуры и капиллярами продукта.

Белки молока

Общее содержание белков в коровьем молоке колеблется от 2,9 до 4%. В соответствие с номенклатурной схемой Комитета по номенклатуре и методологии молочных белков Американской научной ассоциации молочной промышленности, белки молока делятся на казеины и сывороточные белки.

Таблица 1. Классификация белков молока

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Белок | Содержание от общего количества белков обезжиренного молока, % | Молекулярная масса | Изоэлектричес-кая точка, рН |
| Казеины | 78-85 | - | - |
| α-казеин | 45-55 | 22000-24000 | 4,1 |
| κ-казеин | 8-15 | 19000 | 4,1 |
| β-казеин | 25-35 | 24000 | 4,5 |
| γ-казеин | 3-7 | 12000-21000 | 5,8-6,0 |
| Сывороточные белки | 15-22 | - | - |
| α-лактальбумин | 2-5 | 14437 | 5,1 |
| β-лактоглобулин | 7-12 | 18000 | 5,3 |
| Альбумин сыворотки крови | 0,7-1,3 | 68000 | 4,7 |
| Лактоферрин | 0,2-0,8 | 87000 | - |
| Иммуноглобулины | 1,9-3,3 | - | - |
| IgG | 1,4-3,3 | 150000-163000 | 5,5-6,8 |
| IgA | 0,2-0,7 | 400000 | - |
| IgM | 0,1-0,7 | 1000000 | - |
| Протеозо-пептоны | 2-6 | 4100-200000 | 3,3-3,7 |

К белкам молока также относят ферменты, гормоны (пролактин, гормон роста, инсулин и др.), и белки оболочек жировых шариков.

Собственно пищевыми белками являются казеины. Они максимально расщепляются протеиназами пищеварительного тракта в нативном состоянии, в то время как глобулярные белки приобретают эту способность только после денатурации.

Важными биологическими функциями обладают сывороточные белки. Иммуноглобулины являются носителями пассивного иммунитета, лактоферрин и лизоцим обладают антибактериальными свойствами. Лактоферрин и β-лактоглобулин выполняют транспортную функцию – переносят в кишечник новорожденного железо, витамины и некоторые другие вещества.

По содержанию и соотношению незаменимых аминокислот белки молока относятся к биологически полноценным белкам.

Сывороточные белки молока содержат большее количество серосодержащих аминокислот (метионин, цистеин), чем казеины. Поэтому оптимальный баланс аминокислот в рационе может быть достигнут изменением соотношения казеина и сывороточных белков.

Иногда при употреблении молока примерно у 1% детей наблюдаются аллергические реакции. Основным аллергенным компонентом коровьего молока для человека считается β-лактоглобулин.

Состав и свойства казеина

# Количество казеина в молоке составляет 2,3-2,9% или 76-86% общего белка плазмы молока. В практике под казеином понимают смесь белков (казеинов), осаждаемых из обезжиренного молока при подкислении до рН 4,6. Казеин также выделяется из молока путем осаждения при помощи сульфатов натрия или аммония или методом ультрацентрифугиования.

Очищенный казеин, выделенный из молока с помощью уксусной кислоты, представляет собой аморфный порошок белого цвета, без запаха и вкуса, практически нерастворимый в воде, растворимый в слабых растворах щелочей, солей щелочных и щелочноземельных металлов и минеральных кислот.

При рН свежего молока 6,6 казеин имеет отрицательный заряд. Изоэлектрическое состояние казеина наступает при рН 4,6-4,7. Следовательно, в составе казеина преобладают дикарбоновые кислоты. Кроме того, отрицательный заряд и кислые свойства казеина усиливают гидроксильные группы фосфорной кислоты. Казеин принадлежит к фосфопротеидам – в своем составе содержит фосфорную кислоту, присоединенную моноэфирной связью к остаткам серина:

Своими полярными группами и пептидными группировками главных цепей казеин связывает значительное количество воды - более 2 г на 1 г белка. Гидрофильные свойства казеина зависят от структуры, заряда молекул, рН среды, концентрации в ней солей и др. факторов.

В молоке казеин имеет явно выраженные кислые свойства. Его свободные карбоксильные группы дикарбоновых аминокислот и гидроксильные группы фосфорной кислоты легко взаимодействуют с ионами солей щелочных и щелочноземельных металлов (Na+, K+, Ca2+, Mg2+), образуя казеинаты.

Нативные молекулы казеина образуют особым образом структурированные комплексы – мицеллы. Кроме казеина, в их состав входят ионы кальция, неорганического фосфата и цитрата. В настоящее время принято считать, что казеин в молоке содержится в виде казеината кальция, соединенного с коллоидным фосфатом кальция, или так называемого казеинаткальцийфосфатного комплекса (ККФК). ККФК образует мицеллы почти сферической формы, состоящие из субмицелл размером 40-300 нм.

ККФК стабилен в свежем молоке, сохраняет устойчивость при тепловой и механической обработке молока. Однако при высокотемпературной обработке молока и при выработке кисломолочных продуктов наблюдается нарушение его мицеллярной и субмицеллярной структуры.

Фракционный состав

Казеин, полученный из обезжиренного молока осаждением кислотой при рН 4,6, является гетерогенным белком.

Предварительное деление казеина на фракции можно осуществить при помощи раствора мочевины.

Казеин полностью растворяется в 6,6 М растворе мочевины. При снижении концентрации мочевины до 4,6 М в осадок выпадает α-казеиновый комплекс (молекулярная масса 27000 Да). В α-казеиновом комплексе выделяют Са-чувствительную часть и Са-нечувствительную.

Са-чувствительная часть выпадает в осадок в присутствии 0,03-0,04 М CaCl2 при рН 7 и температуре 0-40С и обычно называется αs-казеином. При электрофорезе на гелях αs-казеин разделяется на фракцию αs1 с вариантами A, B, C, D и группу αs-подобных казеинов. Их различные сочетания в молоке характеризуют генотип породы животных.

К Са-нечувствительной части α-казеинового комплекса относят κ-, γ- и m-казеины, которые растворяются в 0,03-0,4 Ь CaCl2. Наиболее изученной является κ-фракция (М=10000-26000 Да). κ-казеин является стабилизатором казеиновой мицеллы от действия ионов Са. Под действием сычужного фермента происходит расщепление κ-казеина, его стабилизирующие свойства теряются, и казеин коагулируется ионами Са.

β-казеиновый комплекс осаждается из раствора мочевины при снижении ее концентрации до 3,3 М. β-казеин при температуре 0-40С находится в мономерной форме и не осаждается ионами Са, в отличие от αs-казеина. При температуре 350С β-казеин полимеризуется и осаждается ионами кальция. β-казеин методами электрофореза и хроматографии можно разделить еще на 3-4 фракции, обычно обозначаемые A, B, C, D.

γ-казеиновый комплекс выпадает в осадок при снижении концентрации раствора мочевины до 1,7М при рН 4,7 после добавления (NH4)2SO4. Данная фракция изучена слабо и, по всей видимости, также является гетерогенной.

Кроме этих основных белков, в молоке присутствует в ничтожных количествах ряд ферментов, белки оболочек жировых шариков и другие специфические белки молока.

Ферменты молока включают более 20 истинных (нативных), а также многочисленные внеклеточные и внутриклеточные ферменты, продуцируемые микрофлорой молока и бактериальных заквасок. Ферменты молока имеют большое практическое значение, как для переработки молока, так и для оценки его санитарного состояния.

Протеин мембраны жировых шариков представлен глобулином, который не является идентичным ни одному из белков молока. На 100 г жировых шариков приходится 0,4-0,8 г белка их оболочек.

Небелковые азотистые соединения

Помимо белковых веществ в молоке содержатся многочисленные азотистые соединения небелкового характера. Они представляют собой промежуточные и конечные продукты азотистого обмена в организме животных и попадают в молоко непосредственно из крови. Важнейшими компонентами фракции небелкового азота молока являются мочевина, пептиды, аминокислоты, креатин и креатинин, аммиак, оротовая, мочевая и гиппуровая кислоты. Их общее количество составляет около 5% всего содержания азота в молоке.

Липиды молока

Молочный жир – одна из наиболее ценных по питательности составных частей молока. Жир в молоке содержится в форме мелких жировых шариков диаметром до 0,1-10 мкм, окруженных липопротеидной мембраной с гидрофильной поверхностью. Содержание жира в молоке колеблется от 2,8 до 5 %.

Главным компонентом молочного жира являются триглицериды (98-99%). Кроме триглицеридов в молоке обнаруживаются лецитин, кефалин, сфингомиелин, холестерин, эргостерин, цереброзиды, жирорастворимые витамины и провитамины, свободные жирные кислоты.

Глицериды молока существенным образом отличаются от таковых в жировых депо организма в первую очередь тем, что включают в свой состав большее количество насыщенных низкомолекулярных жирных кислот. Молекулы триглицеридов молока являются разнокислотными, поэтому молочный жир имеет низкую температуру плавления и однородную консистенцию.

В составе триглицеридов насыщенные кислоты составляют (58-77%, в среднем – 65%), ненасыщенные жирные кислоты - в среднем 35%.

К основным насыщенным высокомолекулярным кислотам молочного жира относятся пальмитиновая, стеариновая и миристиновая, а к насыщенным низкомолекулярным – масляная, капроновая, каприловая, каприновая и лауриновая. Большинство из насыщенных жирных кислот содержит четное число атомов углерода (С4-С20). Главный компонент этой группы кислот – пальмитиновая.

В то время как насыщенные жирные кислоты (свыше С8) при комнатной температуре являются твердыми, ненасыщенные – большей частью жидкие. Среди последних основное место занимает олеиновая.

По сравнению с жирами животного и растительного происхождения, молочный жир характеризуется высоким содержанием миристиновой кислоты и низкомолекулярных летучих насыщенных жирных кислот – масляной капроновой , каприловой и каприновой, в сумме составляющих 7,4-9,5% общего количества жирных кислот. Количество биологически важных полиненасыщенных жирных кислот (линолевой, линоленовой и арахидоновой) в молочном жире, по сравнению с растительными маслами, невысокое и составляет 3-5%.

Физико-химические свойства жиров и отдельных фракций триглицеридов характеризуются так называемыми константами или химическими и физическими числами жиров. Определение этих констант помогает контролировать качество молочного жира, его натуральность, регулировать технологические режимы выработки сливочного масла.

К важнейшим химическим константам относятся число омыления, йодное число, число Рейхерта-Мейссля, Поленске, кислотное, перекисное и др.

Число омыления выражается количеством миллиграммов KOH, необходимого для омыления глицеридов и нейтрализации свободных жирных кислот, входящих в состав 1 г жира. Оно характеризует среднюю молекулярную массу смеси жирных кислот жира: чем больше в нем содержится низкомолекулярных кислот, тем оно выше.

Йодное число показывает содержание ненасыщенных жирных кислот в жире. Оно выражается в граммах йода, присоединяющегося к 100 г жира. Йодное число повышается летом и понижается зимой.

Число Рейхерта-Мейссля характеризует содержание в 5 г жира низкомолекулярных жирных кислот (масляной и капроновой), способных растворяться в воде и испаряться при нагревании (находится в прямой зависимости от числа омыления).

Число Поленске характеризует наличие в 5 г жира низкомолекулярных летучих нерастворимых в воде жирных кислот (каприловой, каприновой и частично лауриновой).

К основным химическим константам относятся температура плавления, температура отвердевания и показатель преломления.

Фосфолипиды и цереброзиды. В состав омыляемой липидной фракции молока наряду с простыми липидами входят разнообразные фосфолипиды, продукты их распада и гликолипиды (цереброзиды).

Содержание фосфолипидов и цереброзидов в молоке составляет 0,03-0,05%, из них на долю лецитина приходится 28-40%, кефалина – 29-43%, сфингомиелина – 19-24%, фосфатидилсерина – 10%, фосфатидилинозита и цереброзидов – по 6%.

Фосфолипиды обладают эмульгирующей способностью, так как их молекулы построены из полярной и неполярной частей. На поверхности раздела жир-плазма они образуют мономолекулярный слой: неполярная часть ориентируется к жиру, полярная – к плазме.

Технологическая обработка молока вызывает перераспределение фосфолипидов между фазами. При гомогенизации и пастеризации 5-15% фосфолипидов оболочек жировых шариков переходит в водную фазу. При сепарировании 65-70% фосфолипидов молока переходит в сливки, при сбивании 55-70% фосфолипидов сливок остается в пахте, остальные переходят в масло.

Стерины и другие неомыляемые липиды. Общее содержание неомыляемых липидов в молоке составляет 0,3-0,55%. Эти вещества сопутствуют молочному жиру и частично входят в состав оболочек жировых шариков.

Содержание стеринов в молоке – 0,01-0,014%, в молочном жире – 0,2-0,4%. Стерины молока в основном представлены холестерином. Холестерин в основном находится в свободном состоянии.

Желтая окраска молочного жира обусловлена наличием в нем группы веществ, называемых каротиноидами. К ним относятся α, β и γ-каротины и спирты – ксантофиллы. Содержание каротинов в молоке колеблется от 0,05 до 0,9 мг/кг, в зависимости от рациона и времени года.

Углеводороды в молоке представлены скваленом – промежуточным продуктом в биосинтезе холестерина.

Углеводы молока

Основным углеводом молока является лактоза. Кроме нее в молоке в небольших количествах обнаруживаются моносахариды, и в следовых количествах – олигосахариды.

Лактоза представляет собой дисахарид (С12H22O11). Под действием фермента лактазы происходит гидролиз лактозы на моносахариды – глюкозу и галактозу. В молоке этот дисахарид очень легко поддается брожению под действием молочнокислых бактерий и в результате превращается в молочную кислоту. Лактоза, наряду с натрием и калием – один из осмотически активных компонентов молока. Осмотическое давление молока такое же, как и крови. Оно поддерживается на определенном уровне благодаря равновесию между концентрацией лактозы и растворимыми минеральными веществами.

Лактоза выполняет главным образом энергетическую функцию – на нее приходится около 30% энергетической ценности молока.

Содержание лактозы в молоке довольно постоянно и составляет 4,5 – 5,2%. При маститах содержание лактозы в молоке резко снижается.

В молекулу лактозы, как уже говорилось, входят глюкоза и галактоза. В настоящее время принято считать, что основным предшественником обеих составных частей лактозы является глюкоза, поступающая в молочную железу из крови.

Кристаллическая лактоза практически нерастворима в абсолютном этаноле, серном эфире и других органических растворителях. По сравнению с сахарозой, она в 5 раз менее сладкая и хуже растворима в воде.

Минеральные вещества молока

Минеральные вещества поступают в организм животного и переходят в молоко главным образом из кормов и минеральных добавок. Поэтому их количество в молоке находится в прямой зависимости от рационов кормления, окружающей среды, времени года, а также породы животного и его физиологических особенностей.

Основными минеральными веществами молока (макроэлементами) являются Ca, P, Mg, Na, K, Cl, S.

Около 22% всего кальция молока прочно связано с казеином (кальций структурообразующий), остальное количество (78%) составляют соли – фосфаты, цитраты. Большая часть этих солей содержится в коллоидном состоянии и небольшая часть (около 30%) – в виде истинного раствора. Между ними устанавливается равновесие. Соотношение этих форм играет важную роль в поддержании определенной степени дисперсности, гидратации белковых частиц, их стабилизации при тепловой обработке и в прохождении сычужного свертывания.

Фосфор содержится в молоке в минеральной и органической формах. Неорганические соединения фосфора составляют 63-66% его общего количества и представлены фосфатами кальция и др. металлов. Органические соединения – это фосфор в составе казеина, фосфолипидов, коферментов, нуклеиновых кислот и др.

Магний в молоке встречается в тех же химических соединениях, что и кальций. В виде истинного раствора находится 65-75% магния.

Соли калия и натрия содержатся в молоке в ионно-молекулярном состоянии в виде хорошо диссоциирующих хлоридов, фосфатов и цитратов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Мг/100 мл | % от общего кол-ва | %, содержащийся в растворимой форме |
| Ca | 123 | 0,12 | 25 |
| P | 95 | 0,10 | 44 |
| Mg | 12 | 0,01 | 20 |
| K | 141 | 0,15 | 100 |
| Na | 58 | 0,05 | 100 |
| Cl | 119 | 0,11 | 100 |
| S | 30 | - | - |
| Цитрат | 160 | - | - |

Микроэлементами принято считать минеральные вещества, концентрация которых невелика, и измеряется в микрограммах на 1 кг продукта. Количество некоторых микроэлементов в молоке увеличивается при использовании минеральных подкормок, однако многие из них могут попадать в молоко извне с оборудования тары и пр.

# Содержание микроэлементов в молоке, мкг/л

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Микроэлемент | Нормальный рацион | Рацион+минеральная добавка |
| Al | 460 | 810 |
| As | 50 | 450 |
| B | 270 | 660 |
| Br | 600 | Возрастает |
| Cd | 26 | Не возрастает |
| Cr | 15 | - |
| Co | 0,6 | 2,4 |
| Cu | 130 | Не возрастает |
| F | 150 | Возрастает |
| I | 43 | 2700 |
| Fe | 450 | Не возрастает |
| Pb | 40 | Возрастает |
| Mn | 22 | 64 |
| Mo | 73 | 371 |
| Ni | 27 | Не возрастает |
| Se (низкий уровень) | 40 | Возрастает |
| Se (высокий уровень) | 1270 | - |
| Si | 1430 | Не возрастает |
| Ag | 47 | - |
| Sr | 171 | - |
| V | 0,092 | - |
| Zn | 3900 | 5100 |

Витамины молока

В молоке обнаружено 17 из 20 известных в настоящее время витаминов: из жирорастворимых – A, D, E, K, а из водорастворимых – B1 – B12, Bc, H, C, n-аминобензойная кислота, инозит. На их содержание оказывают влияние факторы как внутренней, так и внешней среды.

Другие компоненты молока

Помимо перечисленных компонентов молока, в нем содержатся небелковые азотистые соединения, газы, соли, ферменты и пигменты.

Небелковых азотистых соединений (мочевина, креатин, мочевая кислота, пуриновые основания, аммиак, гиппуровая кислота, свободные аминокислоты и пептоны) в молоке около 0,05 – 0,2%.

В 1 л молока содержится около 50-80 мл газов, в том числе углекислого газа 50-70%, кислорода – 5-10%, азота – 20-30%. В молоке содержится также незначительное количество аммиака (0,2\*10-3 М). В процессе хранения молока вследствие развития микроорганизмов количество аммиака увеличивается, а кислорода – понижается. Повышенное содержание газов в молоке свидетельствует о его загрязнении газообразующими бактериями.

Из молока, полученного при нормальных условиях от здоровых животных, было выделено более 20 истинных, или нативных, ферментов. Часть из них синтезируется непосредственно в секреторных клетках молочной железы (лизоцим, лактозосинтетаза, ксантиноксидаза и др.), часть поступает в молоко из крови (каталаза, протеиназа, альдолаза и др.). Кроме нативных ферментов в молоке присутствуют многочисленные внеклеточные и внутриклеточные ферменты, продуцируемые микрофлорой молока и бактериальных заквасок. Некоторые ферментные препараты специально вносят в молоко при изготовлении молочных продуктов. На действии ферментов основано производство кисломолочных продуктов и сыров, контроль санитарно-гигиенического состояния молока и качество его пастеризации.

В настоящее время серьезное внимание уделяется проблеме загрязнения кормов и пищевых продуктов посторонними веществами, многие из которых являются токсичными для животных и человека. К посторонним химическим веществам молока относятся антибиотики, пестициды, детергенты, дезинфектанты, тяжелые металлы, радиоизотопы, микотоксины, бактериальные яды, нитраты, нитриты и др. Помимо токсичности, многие из этих веществ обладают свойством нарушать ход технологических процессов при выработке молочных продуктов, что приводит к снижению их качества и пищевой ценности.

2. Физико-химические свойства молока

Плотность молока или объемная масса р при 20°С колеблется от 1,027 до1,032 г/см2, выражается и в градусах лактоденсиметра. Плотность зависит от температуры (понижается с ее повышением), химического состава (понижается при увеличении содержания жира и повышением при увеличении количества белков, лактозы и солей), а также от давления, действующего на него.

Плотность молока изменяется при фальсификации — при добавлении Н2О понижается, и повышается при под-снятии сливок или разбавлении обезжиренным молоком. Поэтому по величине плотности косвенно судят о натуральности молока при подозрении на фальсификацию. Однако молоко не удовлетворяющее требованиям ГОСТ 13264-88 по плотности, т. е. ниже 1,027 г/см3, но цельность которой подтверждена стойловой пробой, принимается как сортовое.

Вязкость или внутреннее трение, нормального молока при 20°С в среднем составляет 1,8×10-3Па.с. Она зависит главным образом от содержания казеина и жира, дисперсности мицелл казеина и шариков жира, степени их гидратации и агрегирования сывороточные белки и лактоза незначительно влияют на вязкость.

В процессе хранения и обработки молока (перекачивание, гомогенизация, пастеризация и т. д.) вязкость молока повышается. Это объясняется увеличением степени диспергирования жира, укрупнением белковых частиц, адсорбцией белков на поверхности шариков жира и т. д.

Практический интерес представляет вязкость сильноструктурированных молочных продуктов — сметаны, простокваши, кисломолочных напитков и пр.

Поверхностное натяжение — молока ниже поверхностного натяжения Н2О (равно 5×103 н/м при t -20°C). Более низкое по сравнению с Н2О значение поверхностного натяжения объясняется наличием в молоке ПАВ — фосфолипи-дов, белков, жирных кислот и т. д.

Температура кипения молока несколько выше Н2О вследствие наличия в молоке солей и отчасти сахара. Она равно 100,2°С.

Осмотическое давление молока близко по величине к осмотическому давлению крови животного и в среднем составляет 0,66 мПа (6,7 атм). Оно обусловлено высокодисперсными веществами: лактозой и хлоридами. Белковые вещества, коллоидные соли незначительно влияют на осмотическое давление, жир практически не влияет.

Температура замерзания также постоянная физико-химическое свойство молока, т. к. оно обуславливается только истинно расторимыми составными частями молока: лактозой и солями, причем последние содержатся в постоянной концентрации. Температура замерзания колеблется в узких пределах от -0,51 до -0,59°С. Она изменяется в течение лактационного периода при заболевании животного и при фальсификации молока водой или содой. И вследствие отклонения приращения лактозы. В начале лактации температуры замерзания понижается (-0,564°С) в середине — повышается (-0,55°С); в конце снижается (-0,581°С).

Показатель преломления обезжиренного молока при 20°С колеблется от 1,344 до 1,348. Он складывается из показателей преломления воды (1,3329) и составных частей обезжиренного остатка молока — лактозы, казеина, сывороточных белков, солей, небелковых азотистых соединений и прочих компонентов. Поэтому по величине показателя преломления молока и молочной сыворотки с помощью специальных рефрактометров можно контролировать содержание в молоке СОМО, белков, лактозы. Например, количество белков определяют по разности между показателями преломления исследуемого молока и его сыворотке после осаждения белков раствором СаС12 при кипячении, а содержание СОМО — по разности между показателями преломления молока и дистиллированной воды.

С помощью рефрактометрического метода можно осуществлять косвенный контроль натуральности молока. Показатель преломления (число рефракции) сыворотки, натурального молока является величиной относительно постоянной, равной 1,342-1,343. При добавлении к молоку воды число рефракции молочной сыворотки понижается пропорционально количеству добавленной воды — в среднем на 0,2 единицы на каждый процент воды.

Активная кислотность молока определяется концентрацией свободных водородных ионов (рН). Молоко коровы имеет слабокислую реакцию, его рН составляет 6,3 – 6,9 (в среднем 6,5 – 6,6) Кислые свойства молока обусловливаются также белками, фосфатами и цитратами. На рН молока значительное влияние оказывает деятельность микрофлоры вымени.

Общая кислотность молока определяется титрованием децинормальной щелочью с фенолфталеином 100 мл молока. Каждый миллилитр израсходованной щелочи соответствует 1о кислотности молока по Тернеру. Свежее молоко коров имеет кислотность 16 – 18 оТ, при этом 4 – 5о приходится на белки, 1 – 2о – на газы, 10 – 11о – на фосфаты и другие соли.

Физико-химические изменения молока при хранении, транспортировке и обработке

При хранении, транспортировке и предварительной обработке молока могут произойти структурные изменения его основных компонентов – жира и белков. Могут также изменяться его физико-химические, органолептические и технологические показатели.

В процессе хранения молока при температуре 3-50С в течение 2-5 суток и транспортировке на молочные заводы значительным изменениям подвергаются жиры и белки. В меньшей степени изменяются соли и витамины.

Изменения жира связаны с воздействием на него расщепляющих ферментов – липаз. В результате липолиза в молоке повышается содержание свободных жирных кислот, что способствует прогорканию молока. Прогоркание молока наступает при содержании в нем СЖК более 20 мг% (200 мг/л).

Различают нативные липазы и липазы психротрофных бактерий. Липазы психротрофных бактерий вызывают интенсивные липолитические процессы при их содержании 106-107/мл. Нативные липазы могут вызывать 2 вида липолиза – спонтанный и индуцированный.

Спонтанный липолиз происходит при охлаждении молока, склонного к прогорканию и в значительной степени связан с зоотехническими факторами – индивидуальными особенностями животных, их физиологическим состоянием, стадией лактации, режимами кормления и пр. Спонтанный липолиз характерен для стародойного молока и молока, полученного от больных маститом животных.

Индуцированный липолиз возникает при разрушении оболочек шариков жира в процессе получения и обработки молока с одновременным активированием липазы. Разрушение оболочек жировых шариков и повышение активности липазы обусловлено, в основном, интенсивными механическими воздействиями при получении, хранении и транспортировке. При получении отрицательную роль играют завышение диаметра молокопровода, подсос воздуха в системе. Перемешивание, переливание и транспортировка молока в незаполненных цистернах, особенно при низких температурах, способствуют повышению содержания СЖК.

Молочные продукты, и особенно масло, выработанное из молока, в котором протекают липолитические процессы, имеют пороки вкуса и запаха.

Распад белков (протеолиз) в сыром охлажденном молоке при длительном хранении могут вызывать как нативные протеазы, так и протеолитические ферменты посторонней микрофлоры – психротрофных бактерий.

Как нативные протеиназы, так и протеиназы микроорганизмов расщепляют β-казеин на γ-казеин и протеозо-пептонные фракции, повышение содержания которых отрицательно влияет на сычужную свертываетмость, термоустойчивость и другие технологические свойства молока.

Следует отметить, что расщепление белков нативными протеазами в сыром молоке происходит в незначительной степени, так как в нем содержатся ингибиторы протеолитических ферментов.

Механические воздействия при центробежной очистке молока, сепарировании, перекачивании, перемешивании и гомогенизации в основном сопровождаются изменениями степени дисперсности и стабильности жировой фазы.

Центробежная очистка не вызывает существенных изменений жира. Степень обезжиривания при сепарировании зависит от состава, физико-химических свойств молока, степени диспергирования жира, плотности, вязкости и кислотности. Отрицательно на степени обезжиривания сказываются длительное хранение молока при низких температурах, предварительное перекачивание, перемешивание, пастеризация. Степень обезжириваня повышается с увеличением температуры молока, однако при этом может происходить дестабилизация жировой эмульсии и сбивание жира в комочки.

В результате механического воздействия на оболочки шариков жира в процессе перекачки молока происходит частичная дестабилизация жира. Степень дестабилизации жировой эмульсии увеличивается с повышением напора в лини нагнетания, жирности и кислотности молока, а также при подсасывании воздуха. Центробежные насосы оказывают на жировую фазу большее разрушающее действие, чем диафрагменные. Многократное перемешивание молока мешалками в процессе хранения также снижает стабильность жировой эмульсии.

Гомогенизация молока и сливок повышает стабильность жировой эмульсии молока, улучшают их консистенцию и вкус, способствует лучшей переваримости молочного жира организмом человека. В результате гомогенизации образуются однородные по величине шарики жира (диаметром около 1 мкм).

При гомогенизации в молоке и сливках формируются новые оболочки шариков жира из нативных оболочечных компонентов, казеина и сывороточных белков. Поэтому для образования новых оболочек, особенно при гомогенизации сливок с повышенным содержанием жира, необходимо соотношение СОМО/жир 0,6-0,85.

Общие потери азотистых веществ при центрифугировани не превышают 2,5%. При гомогенизации уменьшается диаметр мицелл казеина, часть их распадается и адсорбируется на поверхности жировых шариков. В процессе гомогенизации в плазме молока увеличивается количество кальция в ионно-молекулярном состоянии, а часть коллоидного фосфата и цитрата кальция адсорбируется на поверхности жировых шариков.

При механической обработке молока изменяются его физико-химические свойства.Титруемая кислотность при центробежной очистке снижается на 0,5-40Т. В результате гомогенизации понижается поверхностное натяжение и увеличивается вязкость молока.

Тепловую обработку (пастеризацию и стерилизацию) молока применяют для предохранения молочных продуктов от порчи и повышения стойкости при хранении. Однако длительное воздействи высоких температур часто вызывает нежелательные изменения составных частей молока, его физико-химических, органолептических и технологических свойств.

Сывороточные белки при термообработке подвергаются денатурации. Наиболее термолабильными являются иммуноглобулины и сывороточный альбумин. Денатурация β-лактоглобулина завершается при выдерживании молока в течение 30 минут при температуре 850С, а α-лактальбумина – при 960С. Термостабильной частью сывороточных белков является протеозо-пептонная фракция.

В результате денатурации в молекулах белка освобождаются различные функциональные группы. В результате освобождения сульфгидрильных групп происходит выделение из них сероводорода, и молоко приобретает вкус кипяченого продукта или привкус пастеризации.

Денатурированный β-лактоглобулин комплексуется с α-лактальбумином и с κ-казеином мицелл казеина, что снижает его термоучтойчивость. В результате после тепловой обработки увеличивается продолжительность сычужного свертывания молока, а стерилизованное молоко практически теряет способность к сычужному свертыванию. (Ухудшение атакуемости казеина ферментами в результате комплексообразования).

Чистый казеин является довольно термоустойчивым белком. Для его коагуляции необходима выдержка молока при температуре 1300С в течение 2-88 минут. Однако тепловая обработка изменяет состав казеинаткальцийфосфатного комплекса, вызывает комплексообразование с вышеуказанными сывороточными белками, что приводит к агрегации мицелл казеина, увеличение их размера и повышение вязкости молока.

К снижению термоустойчивости казеина приводят также нарушения солевого состава и повышение кислотности молока.

При термообработке нарушается соотношение форм фосфатов кальция. Часть гидрофосфатов и дигидрофосфатов кальция, находящихся в ионно-молекулярной форме, переходят в плохо растворимый фосфат кальция, который в виде коллоида осаждается на мицеллах казеина. Часть фосфата кальция вместе с денатурированными сывороточными белками образует отложения на стенках теплообменных аппаратов – так называемый молочный камень.

При выработке творога и сыра в пастеризованное молоко вносят для восстановления солевого баланса соли кальция в виде хлорида кальция.