

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОЛОКА

*А.К. Курманбай, студент группы 17В41,*

*научный руководитель: Полицинский Е.В., к.пед.н., доцент*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

*Плотность*, или объемная масса, молока при 20°C колеблется от 1027 до 1032 кг/м<sup>3</sup>. Средняя величина плотности заготавливаемого в РФ молока низкая и составляет 1028,5 кг/м<sup>3</sup>. Плотность молока зависит от температуры (понижается с ее повышением) и химического состава (понижается при увеличении содержания жира и повышается при увеличении количества белков, лактозы и солей).

Плотность молока изменяется при фальсификации — понижается при добавлении воды (каждые 10% добавленной воды вызывают уменьшение плотности в среднем на 3 кг/м<sup>3</sup>) и повышается при подсытии сливок или разбавлении обезжиренным молоком. Поэтому по величине плотности косвенно судят о натуральности молока при подозрении на фальсификацию.

Плотность других молочных продуктов, как и плотность молока, зависит от химического состава. Вязкость, или внутреннее трение, нормального молока при 20°C в среднем составляет  $1,8 \cdot 10^{-3}$  Па·с с колебаниями от  $1,3 \cdot 10^{-3}$  до  $2,2 \cdot 10^{-3}$  Па·с. Она зависит главным образом от содержания белков и жира, дисперсности мицелл казеина и шариков жира, степени их гидратации и агрегирования. Сывороточные белки и лактоза незначительно влияют на вязкость молока.

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.

*Поверхностное натяжение* молока (сила, действующая на единицу длины границы раздела фаз молоко –воздух) ниже поверхностного натяжения воды ( $72,7 \cdot 10^{-3}$  Н/м) и при 20°C равно около  $44 \cdot 10^{-3}$  Н/м. Более низкое по сравнению с водой значение поверхностного натяжения объясняется наличием в молоке поверхностно-активных веществ – фосфолипидов, белков, жирных кислот и т.д. Поверхностное натяжение молока зависит от его температуры, химического состава, состояния белков, жира, активности липазы, продолжительности хранения, режимов технологической обработки и т.д. Так, поверхностное натяжение снижается при нагревании молока и особенно сильно при его липолизе, так как в результате гидролиза жира образуются жирные кислоты, ди- и моноацилглицерины, понижающие величину поверхностной энергии.

Натяжение в молоке возникает также на границе раздела других фаз – жир-плазма и воздух-плазма, способствуя образованию гидратных оболочек шариков жира и пены. Пенообразование имеет большое значение для некоторых процессов переработки молока, например для процесса маслообразования, фризирования смеси при производстве мороженого и др. Вместе с тем пенообразование при получении, транспортировке, перекачивании, сепарировании и сгущении молока отрицательно влияет на качество получаемых молочных продуктов, так как способствует дестабилизации жировой эмульсии, липолизу и окислению свободного жира.

*Осмотическое давление* молока близко по величине к осмотическому давлению крови животного и в среднем составляет 0,66 МПа. Температура замерзания нормального молока в среднем равна -0,54°C.

Осмотическое давление молока (и понижение температуры замерзания по сравнению с водой) обуславливается главным образом высокодисперсными веществами: лактозой (на молочный сахар приходится около 50...60% всей величины давления) и ионами солей — преимущественно хлоридами и фосфатами калия и натрия. Белковые вещества и коллоидные соли незначительно влияют на осмотическое давление молока, жир практически не влияет.

Осмотическое давление обычно рассчитывают по температуре замерзания молока. Согласно законам Рауля и Вант-Гоффа:

$$P_{осм} = \Delta t \frac{2,269}{K},$$

где  $\Delta t$  – понижение температуры замерзания исследуемого раствора, °C; 2,269 – осмотическое давление 1 моля вещества в 1 л раствора, в МПа; K – криоскопическая постоянная растворителя, для воды равна 1,86. Следовательно, при температуре замерзания молока -0,54°C ( $\Delta t = 0,54$ ) его осмотическое давление составит 0,66 МПа.

Осмотическое давление молока, как и других физиологических жидкостей организма животного, поддерживается на постоянном уровне (его колебания незначительны и составляют 0,64...0,70 МПа). Поэтому повышение в молоке содержания хлоридов, влияющих на осмотическое давление молока, происхо-

дит после снижения в результате изменения физиологического состояния животного (особенно перед концом лактации или при его заболевании) количества другого важного компонента – лактозы.

*Температура замерзания* молока также довольно постоянная величина и колеблется в узких пределах — от  $-0,505$  до  $-0,575^{\circ}\text{C}$ . Она зависит от химического состава молока, поэтому может меняться в течение лактационного периода, при заболевании животных, а также при разбавлении молока водой, добавлении к нему соды и при повышении кислотности. По данным Г. С. Инихова, температура замерзания молока понижается в начале лактации ( $-0,564^{\circ}\text{C}$ ), повышается в ее середине ( $-0,55^{\circ}\text{C}$ ) и снова заметно снижается к концу ( $-0,580^{\circ}\text{C}$ ).

Внесение в молоко 1% воды повышает среднюю температуру замерзания молока ( $-0,54^{\circ}\text{C}$ ) немногим более чем на  $0,006^{\circ}\text{C}$  (табл. 1). Принцип измерения температуры замерзания молока лежит в основе криоскопического метода контроля натурального молока.

Таблица 1.

Влияние степени разбавления молока водой на температуру замерзания

Степень разбавления молока водой, %	Температура замерзания молока, $^{\circ}\text{C}$	Степень разбавления молока водой, %	Температура замерзания молока, $^{\circ}\text{C}$
0	-0,540	7	-0,502
1	-0,534	8	-0,497
2	-0,529	9	-0,491
3	-0,524	19	-0,486
4	-0,518	15	-0,459
5	-0,513	20	-0,432
6	-0,508	25	-0,405

*Удельная электропроводность* молока в среднем составляет  $46 \cdot 10^{-2}$  См/м с колебаниями от  $40 \cdot 10^{-2}$  до  $60 \cdot 10^{-2}$  См/м. Ее обуславливают главным образом ионы –  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и др. Электрически заряженный казеин, сывороточные белки и шарики жира в силу больших размеров передвигаются медленно и несколько тормозят подвижность ионов, то есть практически уменьшают электропроводность молока.

Величина электропроводности молока зависит от лактационного периода, породы животных и других факторов. Молоко, полученное от животных больных маститом и в конце лактации, имеет повышенную электропроводность, равную 1,3 и 0,65 См/м, соответственно. Следовательно, по изменению удельной электропроводности молока можно выявить животных с воспалением молочной железы.

Электропроводность повышается при нарастании кислотности молока и снижается при разбавлении его водой. Концентрирование молока вследствие повышения вязкости и усиления межионных взаимодействий приводит к снижению электропроводности.

Теплофизические свойства молока необходимо знать для расчетов затрат теплоты или холода на нагревание или охлаждение молока и молочных продуктов. Наиболее важными из них являются удельная теплоемкость, теплопроводность и коэффициент температуропроводности, которые связаны между собой соотношением

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}$$

где  $a$  – коэффициент температуропроводности,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $\lambda$  — теплопроводность,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ;  $c$  – удельная теплоемкость,  $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ;  $\rho$  – плотность продукта,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Теплофизические свойства молока и молочных продуктов зависят от температуры, содержания сухих веществ, влаги, жира, кислотности, дисперсности жира и т.д.

*Удельная теплоемкость* цельного молока, как и удельная теплоемкость воды и обезжиренного молока, в интервале температур  $273 \dots 333^{\circ}\text{K}$  ( $0 \dots 60^{\circ}\text{C}$ ) изменяется незначительно. В указанном интервале температур приблизительно ее можно считать величиной постоянной, равной  $3900 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ , или  $3,9 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ .

Литература.

1. Богатова О.В. Химия и физика молока / О.В. Богатова, Н.Г. Догарева. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 137с.
2. Горбатова К.К. Химия и физика молока / К.К. Горбатова. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288с.