

И. Ф. БОГДАНОВ

ВИСКОЗИМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КУМЫСА

(Представлено академиком Н. С. Курнаковым 8 II 1939)

Как известно, кумыс представляет лечебный напиток, приготавливаемый из молока кобылицы. Для этого к свежему молоку добавляется старый кумыс—закваска. Под влиянием кислоты закваски белок молока свертывается в нежные мелкие хлопья, оседающие постепенно на дно сосуда, а внесенные с закваской бактерии молочнокислого и спиртового брожения, попав в питательную среду, начинают усиленно развиваться, вызывая сбраживание молочного сахара. После вымешивания в течение 40—80 мин. продукт разливается в бутылки, выдерживается 6—12 часов на льду и затем поступает в потребление.

Несмотря на многочисленные исследования, оценка качества кумыса остается до сих пор во многом субъективной. Представлялось интересным выяснить возможность применения для характеристики его такой константы, как вязкость, с успехом оправдавшей себя при оценке смазочных масел, растворов целлюлозы, сгущенного молока и т. д.

Определения вязкости проводились в вискозиметре Оствальда, в котором время истечения 5 мл воды при 20° было 56.0 сек. Наличие взвешенного белка не препятствовало определению. С кумысом расхождения в отсчетах времени колебались в пределах 0.2—0.4 сек. Это объясняется очевидно малыми размерами частиц белка, не препятствующих прохождению суспензии через капилляр. Во всяком случае кумыс полностью проходит через стеклянный фильтр № 1; при фильтровании же через фильтр № 2 взвешенный белок целиком задерживается. Таким образом диаметр частиц белка лежит в пределах 75—100 μ .

Результаты определения вязкости молока, закваски и кумыса приведены в табл. 1.

Как видно, вязкость коровьего молока на 33%, а козьего на 40% выше вязкости молока кобылицы. Кумыс имеет еще более высокую вязкость, превышающую вязкость молока на 51% для молодого кумыса и на 61% для старой закваски.

Возник вопрос, какими причинами обусловлено такое сильное увеличение вязкости в кумысе по сравнению с исходным молоком. С целью выяснения этого вопроса было проведено сравнительное определение вязкостей кумыса и его фильтрата после отделения суспендированного белка фильтрованием через бумажный фильтр на воронке Бюхнера под вакуумом. То же было проделано и с молоком после свертывания белков добавлением 2 мл молочной кислоты на 100 мл молока. Для закваски филь-

Таблица 1

Константы кумыса и различных видов молока

Продукт	Кислотность по Тернеру*	Плотность при 20°	Время истечения при 20° в сек.	Вязкость при 20° в сантипуазах (100 η)	Относительное увеличение вязкости в %	Текучесть $\frac{1}{\eta}$
Молоко кобылицы	4.5	1.036	75.2	1.391	0	71.9
» коровье	17.0	1.033	99.5	1.850	33	54.1
» козье	—	1.029	105.5	1.940	39.5	51.6
Кумыс	72.5	1.027	114.6	2.100	51	47.6
Кумыс-закваска	176.0	1.010	124.2	2.240	61	44.5

трование было заменено центрифугированием, что дает такой же эффект. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Изменение вязкости кумыса и молока после фильтрования

Продукт	Плотность при 20°	Время истечения при 20° в сек.	Вязкость при 20° в сантипуазах (100 η)	Относительное уменьшение в %	Текучесть
Молоко	1.033	75.8	1.410	0	70.8
» фильтрат	1.032	71.8	1.334	5.4	74.8
Кумыс	1.023	116.6	2.130	0	46.9
» фильтрат	1.024	71.0	1.294	39.0	77.3
Кумыс-закваска	1.008	119.7	2.150	0	46.4
» » центрифугир.	1.007	71.7	1.300	39.5	76.8

Важнейшим результатом табл. 2 является то, что вязкости фильтратов кумыса, молока и центрифугата закваски имеют почти одно и то же значение. Вязкость фильтрата молока только на 5.4% меньше вязкости молока. Таким образом удаление из молока кобылицы растворенного в нем белка сравнительно мало сказывается на снижении вязкости продукта. В случае же кумыса снижение достигает 39%. Следовательно высокая величина вязкости кумыса обусловлена исключительно суспендированным в нем белком.

Поскольку внутреннее трение кумыса зависит от суспендированного белка, важно было выяснить, находится ли величина вязкости в какой-либо зависимости от количества взвешенного белка. Как известно, впервые математическая зависимость между вязкостью суспензий и концентрацией суспендированного вещества была дана Эйнштейном⁽¹⁾ в виде следующего уравнения: $\eta_s = \eta_0 (1 + 2.5 \varphi)$, где η_0 — вязкость среды, а φ — отношение объемов диспергированного вещества к общему объему. В случае белковых веществ эта формула давала плохие результаты. Поэтому рядом авторов, как Аррениус, Гесс, Гатчек⁽³⁾ и др., были предложены эмпирические формулы для изученных ими суспензий.

* Число мл 0.1 раствора NaOH, пошедших на титрование 100 мл вещества.

С целью проверки применимости этих формул к кумысу было проведено определение вязкости и концентрации суспендированного белка на различных образцах. Объем взвешенного белка легко находился центрифугированием кумыса в течение 5—10 мин. на ручной центрифуге Гербера. Расчеты показали, что опытным данным мало соответствовали формула Эйнштейна и другие уравнения. Несколько лучшие результаты давало уравнение Гатчека ⁽²⁾ $\eta_s = \frac{\eta_0}{1 - V\sqrt{\varphi}}$. Дальнейшая обработка результатов показала, что зависимость между вязкостью кумыса при 25° и количеством суспендированного белка хорошо выражается следующим простым уравнением: $\eta = \frac{1}{1 - V\sqrt{\varphi}}$. В табл. 3 приведены некоторые данные для иллюстрации применимости этого уравнения.

Таблица 3
Зависимость между вязкостью кумыса и концентрацией суспендированного в нем белка

Продукт	Плотность	φ	Вязкость при 25°		Разница в %
			найден.	вычислен.	
Закваска	1.0213	0.09	1.808	1.812	+0.2
Смесь (молоко + закваска) . . .	1.0290	0.12	2.034	1.972	-3.0
Кумыс I обр.	1.0236	0.09	1.781	1.812	+1.7
» II »	1.0266	0.11	1.924	1.920	-0.2
» III »	1.0253	0.12	1.970	1.972	+0.1
» IV »	1.0266	0.85	1.744	1.757	+0.7

Если исключить смесь, то для всех образцов кумыса совпадение вычисленных величин с найденными вполне удовлетворительное. Таким образом, зная вязкость кумыса, можно сделать заключение о количестве взвешенного белка и, наоборот, определив центрифугированием количество суспендированного белка, легко вычислить вязкость продукта.

Следовательно вязкость или обратная ей величина — текучесть, а также относительное количество взвешенного белка являются весьма характерными величинами для кумыса и могут быть использованы при его оценке, тем более, что, как показали опыты, вязкость кумыса сильно зависит от способа его приготовления. Кумыс, приготовленный по способу без созревания, имел высокую вязкость, а полученный с созреванием, т. е. путем продолжительного вымешивания при высокой кислотности, давал малое количество взвешенного белка (5—7% по объему) и имел невысокую вязкость. Если к этому добавить, что вязкость является весьма стабильной для данного образца величиной, мало меняющейся при стоянии, чего нельзя сказать о других характеризующих кумыс константах, то можно с достаточными основаниями предложить ввести величину вязкости или текучести в стандарт на кумыс.

Шафрановский курорт.
Биохимическая лаборатория.

Поступило
10 II 1939.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Ann. d. Physik, (4) 19, 289 (1906). ² Koll. ZS., 8, 34 (1911). ³ Г а т ч е к, Вязкость жидкостей (1935).