

УДК 637.053

Зависимость показателя активности воды молочных продуктов от их состава

Д-р техн. наук Н.А. ТИХОМИРОВА, канд. техн. наук С.И. РОГОВ, М.М. ЧУРАКОВ
МГУПБ

The index of water activity is one of the most objective physically, chemically, thermodynamically and microbiologically substantiated characteristic of moisture condition in foods, determining their properties and keeping ability. The investigation of the dependability of water activity in milk and milk containing products from mass fraction of dry matter has been carried out. Salt, sucrose, fructose and glucose were chosen as osmotically active substances.

В связи со вступлением России во Всемирную торговую организацию (ВТО) значительно повышаются требования к качеству и безопасности пищевых продуктов, а также к критериям прогнозирования сроков хранения.

Наиболее объективной, физико-химически, термодинамически и микробиологически обоснованной характеристикой состояния влаги в пищевых продуктах, определяющей свойства и их хранимоспособность, является интегральный показатель состояния влаги в продукте – показатель активности воды a_w .

В странах Объединенной Европы определение активности воды наряду с показателями «влажность» и pH является обязательным при экспертизе ряда продуктов, а в США определение a_w включено в Инструкцию по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных препаратов. Российские же стандарты на пищевые продукты предусматривают определение только количественной характеристики «массовая доля влаги», которая не отражает важной роли воды в таких сложных гетерогенных полидисперсных и биологически активных системах, какими являются пищевые продукты, в частности молочные [1].

Понятие активности воды впервые было предложено в 1952 г. Скоттом, который доказал наличие зависимости между состоянием воды в продукте и ростом микроорганизмов в нем [5].

Активность воды – это отношение величины давления паров воды над данным продуктом к величине давления паров над чистой водой при той же температуре [3, 4].

Активность есть отношение при данной температуре фугитивности вещества в некотором состоянии к

его фугитивности в каком-либо состоянии, которое принято за стандартное [3]. Для жидких дисперсных систем фугитивность рассматривается как показатель способности дисперсионной среды к улетучиванию, и за стандартное состояние принимается чистый растворитель.

Способность к улетучиванию присуща материалам, давление паров которых в той или иной мере отклоняется от давления идеального газа. При условии, что это отклонение не слишком велико, фугитивность можно заменить измеренной величиной давления пара. В отношении водных дисперсных систем дело обстоит именно так, поскольку при обычных температурах состояние водяного пара приближается к состоянию идеального газа [1, 2, 7].

Б.А. Баранов приводит следующую формулу для расчета a_w [1]:

$$a_w = f/f_0 = p_1/p_0, \quad (1)$$

где f – фугитивность водяного пара над продуктом;

f_0 – фугитивность водяного пара над водой;

p_1 – парциальное давление водяного пара над продуктом, Па;

p_0 – парциальное давление насыщенного пара над водой, Па.

Ряд исследователей [1, 7] свидетельствуют о том, что по первому закону Рауля a_w должна быть равна мольной доле воды в растворе. На практике же имеют место существенные отклонения, которые связывают с несколькими причинами:

- не вся вода является растворителем (например, вода в мономолекулярном слое);
- не все растворенные вещества находятся в истинном растворе (часть может быть связана с другими

компонентами, например белки могут быть связаны солями или сахарами;

- взаимодействия между молекулами растворенных веществ могут вызывать отклонения от идеальной ситуации [1, 7].

Это естественно, так как пищевые продукты – это сложные полидисперсные многокомпонентные системы, физико-химические и термодинамические функции которых значительно отличаются от давлений таковых идеальных растворов.

Отношение парциальных давлений водяных паров над продуктом к чистым растворителям входит в основную термодинамическую формулу определения энергии связи влаги с материалом (по П.А. Ребиндеру) [4]:

$$\Delta F = L = RT \ln(p_1/p_0) = RT \ln a_w, \quad (2)$$

где ΔF – уменьшение свободной энергии (при постоянной температуре T);

L – работа отрыва 1 моль воды от сухого скелета материала (без изменения состава);

R – универсальная газовая постоянная.

$$a_w = p_1/p_0 = \text{РОВ}/100, \quad (3)$$

где РОВ – относительная влажность в состоянии равновесия, при которой продукт не впитывает влагу и не теряет ее в атмосферу, %.

Необходимым условием протекания в продуктах химических, ферментативных и микробиологических процессов является наличие воды. Величина активности воды очень хорошо коррелирует с этими процессами. Так, понижение a_w от 1 до 0,2 приводит к значительному замедлению химических и ферментативных реакций, кроме окисления липидов и реакции меланоидинообразования [5].

С понижением активности воды ухудшаются условия для развития микрофлоры. Микроорганизмы не размножаются при a_w ниже барьерных пределов и имеют различную чувствительность к этому показателю. Барьерные границы активности воды в настоящее время определены для большинства микроорганизмов [2, 7] (так, при активности воды продуктов ниже 0,91 большинство видов бактерий, в том числе патогенных и условно-патогенных, не развивается [2, 7]).

По величине активности воды пищевые продукты подразделяются [4, 5]:

- на продукты с высокой влажностью ($a_w = 1,0 - 0,9$);
- продукты с промежуточной влажностью (ППВ) ($a_w = 0,9 - 0,6$);

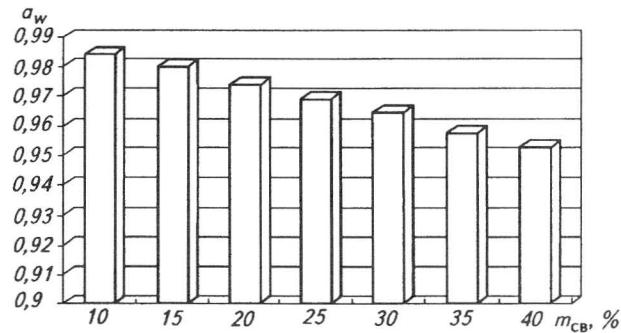


Рис. 1. Зависимость показателя активности воды от состава молочного продукта:

m_{cb} – массовая доля сухих веществ молока

- продукты с низкой влажностью ($a_w = 0,6 - 0,0$).

В области технологий молочных продуктов проведены исследования активности воды молочных консервов [2, 6, 7]. Однако данных по активности воды цельномолочных и других продуктов в общедоступной литературе недостаточно.

В связи с этим представляет интерес изучение зависимости активности воды в молочных и молокосодержащих продуктах от массовой доли сухих веществ.

На первом этапе была определена динамика изменения показателя a_w от массовой доли сухих веществ молока. Исследования проводили на приборе AW LAB RTD-500 (Швейцария).

Известно, что из всех компонентов молока жир оказывает наименьшее воздействие на величину активности воды [6]. Поэтому в качестве объекта исследования использовали сухое обезжиренное молоко, восстановленное по инструкции для производства восстановленного молока до различных массовых долей сухих веществ.

Как видно из диаграммы (рис. 1), активность воды обратно пропорциональна массовой доле сухих веществ молока и с повышением последней уменьшается. При этом резкого изменения a_w не происходит.

Таким образом, регулировать активность воды, создавать продукты с промежуточной влажностью путем только концентрирования сухих веществ молока нерационально. Поэтому научный и практический интерес представляет определение влияния на активность воды осмотически деятельных веществ, а также их совместного действия с сухими веществами молока.

В качестве осмотически деятельных веществ были выбраны поваренная соль и сахароза в концентрациях, традиционно используемых в производстве продуктов питания.



Рис. 2. Зависимость показателя активности воды от состава молочного продукта:

1 – контроль (молоко с массовой долей сухих веществ (м.д.СВ) 30 %); 2 – молоко с м.д.СВ 30 % + 1 % NaCl; 3 – молоко с м.д.СВ 30 % + 4 % NaCl; 4 – молоко с м.д.СВ 30 % + 5 % сахарозы; 5 – молоко с м.д.СВ 30 % + 10 % сахарозы

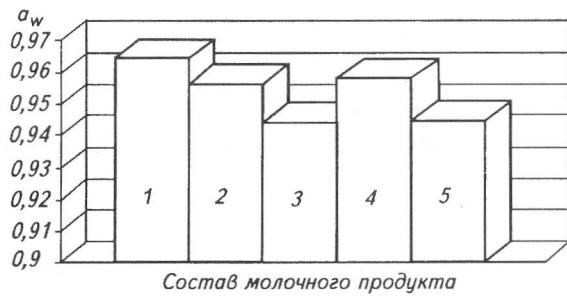


Рис. 3. Зависимость показателя активности воды от состава молочного продукта:

1 – контроль (молоко с массовой долей сухих веществ (м.д.СВ) 30 %); 2 – молоко с м.д.СВ 30 % + 5 % фруктозы; 3 – молоко с м.д.СВ 30 % + 10 % фруктозы; 4 – молоко с м.д.СВ 30 % + 5 % глюкозы; 5 – молоко с м.д.СВ 30 % + 10 % глюкозы

На модельных растворах установлено эффективное влияние исследуемых концентраций поваренной соли и сахарозы на величину активности воды, что согласуется с литературными данными [1, 7].

Результаты совместного влияния на a_w осмотически деятельных веществ и сухих веществ молока представлены на диаграмме (рис. 2). Контролем служило обезжиренное молоко с массовой долей сухих веществ 30 %.

На наш взгляд, перспективными осмодеяательными веществами являются моносахариды. Было исследовано влияние на величину показателя активности воды фруктозы и глюкозы. Результаты совместного влияния на a_w моносахаридов и сухих веществ молока представлены на рис. 3. Контролем служило обезжиренное молоко с массовой долей сухих веществ 30 %.

В результате проведенных исследований установлено, что активность воды молочных продуктов зависит как от массовой доли сухих веществ молока, так и от содержания других осмодеяательных веществ. Резкого изменения активности воды при изменении содержания сухого молочного остатка не происходит. Поэтому для разработки технологий продуктов с промежуточной влажностью с прогнозируемыми, контролируемыми и регулируемыми сроками хранения наиболее рационально применение осмотически деятельных веществ и/или их композиций. Важным направлением исследований является установление оптимальных концентраций этих соединений, возможных синергических взаимодействий как друг с другом, так и с сухими веществами молока. Это позволит наиболее адекватно мо-

делировать молочные и молокосодержащие продукты заданных состава и сроков годности.

Список литературы

- Баранов Б.А. Теоретические и прикладные аспекты показателя «активность воды» в технологии продуктов питания: Автореф. д-ра техн. наук: (05.18.60.) / Баранов Борис Алексеевич; (СПБТЭИ) СПб., 2000.
- Галстян А.Г. Показатель «активность воды» как критерий хранимоспособности молочных продуктов. Научное обеспечение молочной промышленности (ВНИМИ 75 лет: Сб. науч. трудов. – М.: ГНУ ВНИМИ, 2004.
- Значение показателя «активность воды» в оценке сельскохозяйственного сырья: Обзорная информация / И.А. Рогов, У.Ч. Чоманов и др. – М.: АгроНИИТИ-ЭММП, 1987.
- Пищевая химия / Под ред. А.П. Нечаева. – СПб.: ГИОРД, 2001.
- Пищевые продукты с промежуточной влажностью / Под ред. Р. Дэвиса, Г. Берча, К. Паркера. – М.: Пищевая промышленность, 1980.
- Радаева И.А. и др. Технология молочных консервов и заменителей цельного молока: Справочник / И.А. Радаева, В.С. Гордезиани, С.П. Шулькина; Под ред. Я.И. Костина. – М.: Агропромиздат, 1986.
- Тихомирова Н.А. Осмотические свойства и показатель активности воды молочных консервов, полученных на основе современных физических методов обработки молока. – М.: АгроНИИТЭИММП // Экспресс-информация молочная промышленность. 1992 . Вып. 9 – 10.