

11. Круг, Н. Использование эмульгаторов в мороженом [Текст] / Н. Круг // Молочная промышленность. - 2000. - № 3. - С. 44-46.
12. Арсеньева, Т. П. Технология сметаны с растительными жирами [Текст] / Т. П. Арсеньева, А. А. Брунценцев, О. И. Иванова // Молочная промышленность. - 2000. - № 9. - С. 38-39.
13. Джашеева, З. А. Использование экстрактов растроропши пятнистой в технологии сливочного масла [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.18.04 / Джашеева, З. А. ; - М., 2011. - 23 с.
14. Пирогова, Н. А. Хранимоспособность сливочного масла с облепиховой добавкой [Текст] / Н. А. Пирогова // Сыроделие и маслоделие. - 2001. - № 5. - С. 17-19.
15. Загоруй Л. П. Ветеринарно-санітарна оцінка вершкового масла з антиоксидантами рослинного походження [Текст] : автореф. дис. канд. вет. наук : 16.00.09 / Загоруй Л. П.; Львів. нац. ун-т ветеринар. медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького. — Л., 2008. — 21 с.
16. Ставрова Э. Р. Повышение стойкости сливочного масла путем обогащения его витаминами Р и С [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.18.04 / Ставрова Э. Р. ; ленинградский технологический институт холодильной промышленности. - 1959. - 19 с.
17. Лосева, А. И. Разработка и исследование технологии сливочно-растительного спреда с антиоксидантными свойствами [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.18.04 / А. И. Лосева ; - Кемерово, 2006. - 19 с.
18. Дроник Г. В. Розробка технології нового виду вершкового масла – аналога «Вологодського» [Текст] / Г. В. Дроник, В. О. Наговська, Н. В. Барда // Науковий вісник ЛНАВМ імені С.З.Гжицького. – 2007. – Т. 9, № 2 (№ 33), Частина. 2. – С.132-135.
19. Родак О. Я. Поліпшення жирнокислотного складу спредів з використанням нетрадиційних олій [Текст] / О. Я. Родак // Наук. пр. ОНАХТ. О., 2007. – Вип. 36, Т. 2. – С. 149-152.
20. Білонога, Ю. Л., Максисько О. Р. Підвищення коефіцієнта теплопередачі кожухотрубного теплообмінника при тепловій обробці молока [Текст] / Ю. Л. Білонога, О. Р. Максисько // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка. - 2005. – Вип. 38. - С.82-85.
21. Мороз А.С. Медична хімія [Текст] : підручник для студентів вищ. навч. закл. / А. С. Мороз, Д. Д. Луцевич, Л. П. Яворська. Вид. 3-тє, стереотипне. – Вінниця : Нова Книга, 2011. - 776 с.
22. Табакаева О. В. Нове види растительных масел как источники полиненасыщенных жирных кислот и селена [Текст] / О. В. Табакаева // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2007. - № 6. - С. 33-35.
23. Осейко М. І. Технологія рослинних олій [Текст] : підручник нового покоління для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямком "Харчова технологія та інженерія" зі спеціальності "Технологія жирів і жирозамінників" / М. І. Осейко. - Київ : Варта, 2006. – 279 с.
24. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. – Под. ред. Ю. Г. Фролова и А. С. Гродского. – М.: Химия, 1986. – 216 с., ил.
25. Білонога, Ю. Л. Обґрунтування вибору рослинних олій в якості поверхнево-активних речовин (ПАР) до компонентів молока [Текст] / Ю. Л. Білонога, О. Р. Максисько // Наук. пр. ОНАХТ. О., 2009. – Вип. 35, Т. 2. – С. 158-164.

УДК 66.047

ВЛИЯНИЕ БЕЛКА КАК СТРУКТУРИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ НА КИНЕТИКУ СУШКИ КАПЕЛЬ СУСПЕНЗИИ ФОСФОЛИПИДОВ

Авдеева Л.Ю., канд. техн. наук, ст. науч. сотр., Жукотский Э.К., ст. науч. сотр.,
Турчина Т.Я., канд. техн. наук, науч. сотр., Костянец Л.А., вед. инженер,
Ткаченко А.В., вед. инженер
Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев

Изучено влияние структурирующей добавки – соевого изолята - на кинетику сушки капель суспензии фосфолипидов и адгезионные свойства высушенных частиц.

Influence of structuring additive – soy-isolator - on the kinetics of drying drops of phosphor lipid suspense and adhesive properties of dried particles is studied.

Ключевые слова: соевый изолят, суспензия фосфолипидов, термопластичные и адгезионные свойства высушенных частиц.

Производство сухих препаратов на липидной основе требует проведения комплексных экспериментальных исследований для определения рациональных теплотехнологических параметров их получения в порошкообразной форме, что как показали наши исследования, достаточно сложно без применения структурирующих добавок.

Учитывая то, что соевый изолят применяется во многих технологиях пищевых производств в качестве не только обогатителя растительным белком, но и как структурирующего компонента для стабилизации реологических свойств пищевых сред, целесообразно было изучить его влияние на процессы формо- и структурообразования при сушке капель суспензии фосфолипидов, что определяется степенью их высушивания и прочностью частиц.

Необходимость таких исследований, как показали предварительные опыты на экспериментальном стенде по изучению кинетики сушки на системе «капля-парогазовая среда» в потоке теплоносителя [1, 2], вызвана повышенным сопротивлением процессу влагопереноса образовавшейся пленки на поверхности капель суспензий фосфолипидов без добавок, что приводит к значительному увеличению стадии досушивания частиц τV и общего времени их сушки тобщ, образованию полых частиц значительных размеров $d_{\text{кон}} \geq d_0$, которые после охлаждения до 20 оС сохраняют вязко-пластичное состояние в течение 3-5 мин, и, как следствие, склонны к деформации, налипанию и разрушению [3].

Цель данных исследований заключалась в изучении влияния соевого изолята как структурирующей добавки на кинетику сушки капель суспензии фосфолипидов, а также на термопластичные и адгезионные свойства высушенных частиц для получения необходимых технологических свойств конечных порошкообразных материалов на липидной основе.

Исследования проводились при температурах теплоносителя 140, 160 и 180 оС и размерах капель, навешиваемых на спай термодпары, $d_0 \approx 1,5$ мм. В исследованиях использовались суспензии фосфолипидов с введенным белком при содержании сухих веществ в растворе Со от 10 % до 20 % и соотношении компонентов фосфолипиды : соевый изолят как 1:1; 1:2; 2:1.

Полученные термограммы $T_k=f(\tau)$ (рис. 1) показали, что характерной особенностью кинетики сушки капель суспензий фосфолипидов с введенным белком, независимо от их процентного соотношения или содержания сухих веществ, является протекание процесса во втором сушильном периоде – падающей скорости сушки в условиях коркообразования и многократного периодического раздувания капель в стадиях кипения и досушивания, вызванного ростом градиента давления водяных паров под образовавшейся на поверхности капли коркой. Такое протекание процесса характерно для коллоидных систем и обуславливает получение полых частиц, что негативно влияет на структурно-механические и сепарационные свойства порошка. Степень высушивания таких капель зависит от длительности их обезвоживания до точки кр.3, когда завершается процесс удаления всей физико-механически связанной влаги, а значит и от количества вводимой структурирующей добавки, поскольку удаление остаточной влаги в условиях низких влагопроводных свойств поверхностной корки приводит, как известно [2-5], к значительному увеличению длительности стадии досушивания и повышению вероятности проявления в зоне повышенных температур и при соприкосновении с горячей поверхностью склонности к налипанию и деформации.

По результатам обработки термограмм (рис. 1) были получены графические зависимости, характеризующие особенности кинетики сушки капель фосфолипидов с различным содержанием введенного соевого изолята: времени сушки тобщ $=f(T_v)$ (рис. 2), темпа прогрева капель в стадии коркообразования $(dT_k/d\tau)_{\text{корк}}=f(T_v)$ и досушивания $dT_k/d\tau_{\text{дос}}=f(T_v)$ (рис. 3), а также относительной продолжительности этих стадий $\tau_{\text{кр.3}}/\text{тобщ} = f(T_v)$ и $\tau V/\text{тобщ} = f(T_v)$ (рис. 4) от температуры теплоносителя. Анализ зависимостей (рис. 2) показывает, что повышение температуры теплоносителя от 140 до 180 оС приводит к сокращению времени сушки тобщ для всех исследованных композиций в 1,5-2 раза, при этом при соотношении фосфолипидов и белка в растворе как 1:1 и 2:1 значения тобщ при $T_v=160$ и 180 оС были близки.

При большем содержании фосфолипидов (2:1) темп прогрева капель в стадии коркообразования повышается (кривая 2, рис. 3, а), что приводит к быстрому образованию плохо проницаемой для паров воды пленки на их поверхности, негативно влияющей на кинетику их сушки: значение длительности сушки в стадии коркообразования $\tau_{\text{кр.3}}/\text{тобщ}$ уменьшается, а в стадии досушивания $\tau V/\text{тобщ}$ - увеличивается (кривая 2, рис. 4). Такие частицы в потоке теплоносителя и даже охлажденные за его пределами до 20 оС сохраняли вязко-пластичное состояние, были склонны к налипанию, деформации и разрушению их целостности, что свидетельствует об ухудшении условий их высушивания.

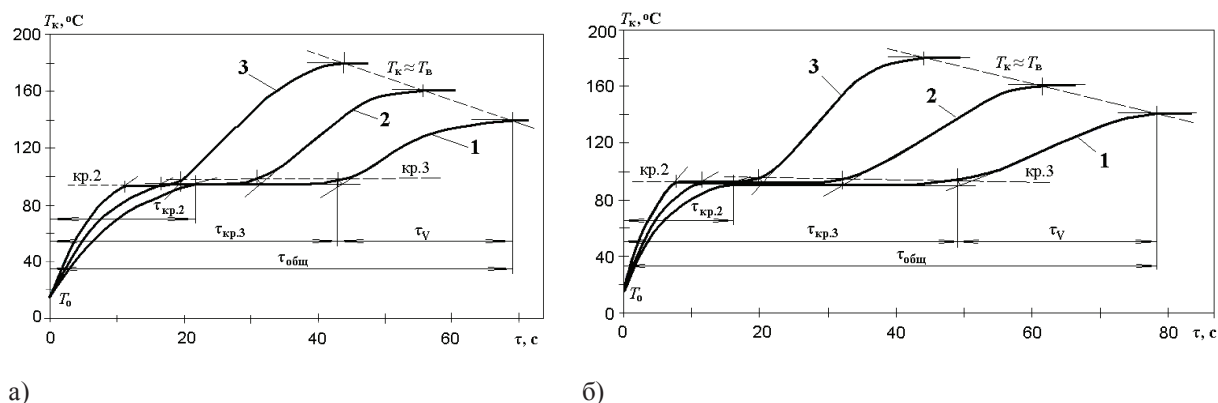


Рис. 1 – Термограммы сушки капле суспензии фосфолипидов с содержанием сухих веществ:
а) $Co = 10\%$ (1:1); б) $Co = 20\%$ (1:1) при температуре теплоносителя:
1 — 140°C ; 2 — 160°C ; 3 — 180°C

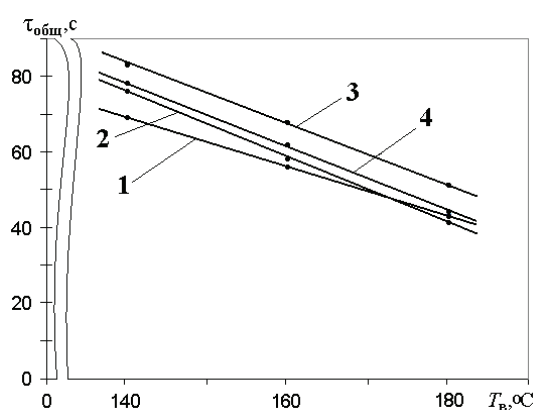
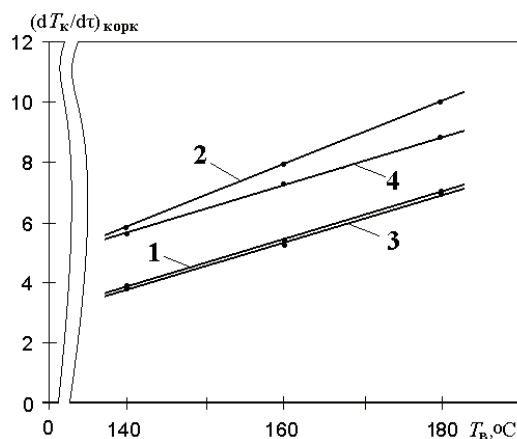


Рис. 2 – Влияние температуры теплоносителя на время сушки капле суспензии фосфолипидов с введенным белком при их соотношении:
1 — 1:1 ($Co = 10\%$); 2 — 2:1 ($Co = 15\%$);
3 — 1:2 ($Co = 15\%$); 4 — 1:1 ($Co = 20\%$)



Повышенное содержание белка в растворе (1:2) способствовало увеличению длительности сушки тобщ до 20 % (рис. 2) при всех исследованных температурах теплоносителя, однако, наилучшие условия высушивания частиц, о чем свидетельствовало отсутствие термопластичных и адгезионных свойств, достигались при равном соотношении компонентов или большем содержании белка. Это объясняется тем, что белок способствует структурированию поверхностного слоя высушиваемой капли и повышению его паропроводных и прочностных свойств.

Снижение темпа прогрева капле с равным соотношением компонентов или большим содержанием белка, как это видно из зависимостей $(dT_k/d\tau)_{\text{корк}} = f(T_b)$ (кривые 1, 3 и 4, рис. 3, а) способствовало увеличению относительного времени их сушки до точки $\tau_{кр.3}/\tau_{общ}$ (кривые 1, 3 и 4, рис. 4, а).

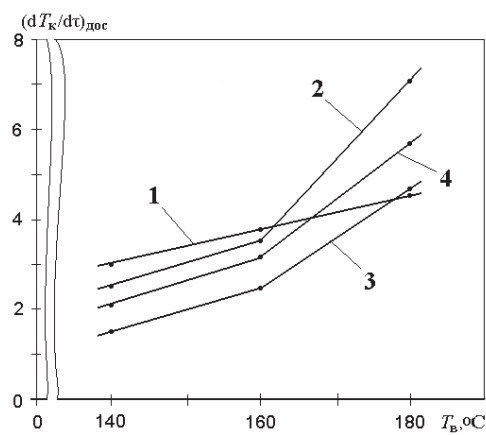


Рис. 3 – Влияние температуры теплоносителя на темп прогрева капле суспензии фосфолипидов с введенным белком в стадии коркообразования (а) и стадии досушивания (б) при их соотношении: 1 – 1:1 ($Co = 10\%$); 2 – 2:1 ($Co = 15\%$); 3 – 1:2 ($Co = 15\%$); 4 – 1:1 ($Co = 20\%$)

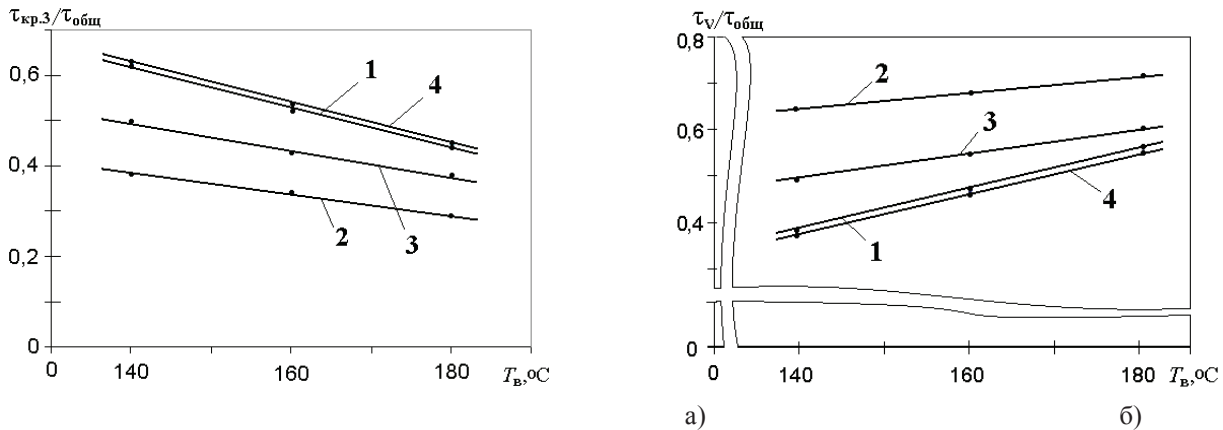


Рис. 4 – Влияние температуры теплоносителя на время сушки до точки кр.3 (а) и стадии досушивания (б) капель суспензии фосфолипидов с введенным белком при их соотношении: 1 – 1:1 ($Co = 10\%$); 2 – 2:1 ($Co = 15\%$); 3 – 1:2 ($Co = 15\%$); 4 – 1:1 ($Co = 20\%$)

Сокращение стадии досушивания $\tau_v/\tau_{общ}$ таких частиц (рис.4, б) за счет большей степени их высушивания за время $\tau_{кр.3}$ связано со снижением темпа их прогрева (кривые 1,3 и 4, рис. 3, б), что должно способствовать большей хранимостепособности высушиваемого материала при сушке распылением.

Частицы, высушенные из суспензии фосфолипидов с введенным белком с $Co=10\ldots15\%$ при соотношении компонентов 1:1 и 1:2, не проявляли термопластичных и адгезионных свойств, а при зондировании с помощью металлического щупа проявляли хрупкость. Только при увеличении содержания сухих веществ в исходной суспензии до $Co=20\%$ высушенные частицы были более монолитными, а после охлаждения до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ проявляли большую прочность.

Выводы

Проведенные исследования кинетики сушки капель суспензии фосфолипидов с применением соевого изолята в качестве структурирующей добавки показали, что при соотношении фосфолипидов и белка как 1:1 достигается улучшение условий высушивания материала за счет повышения его структурирующих, паропроводных и прочностных свойств, однако для улучшения структурно-механических свойств и повышения выхода порошка содержание сухих веществ в растворе, подаваемом в распылительную сушилку, должно составлять $\geq 20\%$, а на выходе из камеры порошок целесообразно охлаждать до температуры $\leq 35\text{--}40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Литература

1. Долинский А.А., Малецкая К.Д. Распылительная сушка : В 2-х т. Т. 1 Теплофизические основы. Методы интенсификации и энергосбережения. – Киев: Академперіодика, 2011.– 376 с.
2. Долинский А.А., Малецкая К.Д., Шморгу́н В.В. Кинетика и технология сушки распылением. – К.: Наукова думка. – 1987. –224 с.
3. Авдеева Л.Ю., Жукотский Э.К., Турчина Т.Я., Костянец Л.А., Ткаченко А.В. Исследование кинетики сушки капель водных растворов лецитина / Пром. теплотехника, 2012.- Т. , № . - С.
4. B.Adhikari, T.Howes, B.R.Bhandari, and V.Truong. Characterization of the surface stickness of fructose-maltodextrin solution during drying.– Drying Technology. – 2003.– V. 21.– № 1.– pp. 17–34.
5. Турчина Т.Я. Кинетика процессов теплообнопереноса при сушке капель термопластичных материалов – солодовых экстрактов / Пром. теплотехника, 2010. – Т.32, № 3. – С.43-49.