

Таким чином ми пропонуємо переглянути відображення хорд рівноваги для трьохкомпонентної суміші на трикутних діаграмах, які не повинні виходити з вершини трикутника (на стороні тверде тіло – екстрактивна речовина), для прогнозування ступеня недовитягання у промислових умовах можна використати його залежність від коефіцієнту утримання екстрагенту, коефіцієнту розподілу, коефіцієнту надлишку екстрагенту до сировини та кількості ступенів екстракції, яка була знайдена нами, і насам кінець для вибору часу екстрагування при інтенсифікації ми пропонуємо використовувати такий показник, як питома продуктивність екстрагування.

Висновки

Наведені дані доповнюють теоретичні засади та розширюють практичні можливості розрахунку процесу екстрагування у системі тверде тіло – екстрагент:

— Введення коефіцієнту розподілу екстрактивної речовини між твердим тілом на екстрагентом, що на трикутних діаграмах відповідає хордам рівноваги дає можливість більш адекватно описувати процес екстрагування у статичних рівноважних умовах;

— для прогнозування ступеня недовитягання екстрактивної речовини з рослинної сировини можна використовувати його залежність від коефіцієнту утримання екстрагенту, коефіцієнту розподілу, коефіцієнту надлишку екстрагенту до сировини та кількості ступенів екстракції;

— для обґрунтування оптимального часу екстрагування з рослинної сировини при інтенсифікації процесу за допомогою ультразвуку можна використовувати такий показник, як питома продуктивність.

Література

1. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, 1987. 576с.
2. Касаткин А. Г. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973, 754с.
3. Зайцев О. І., Бойко М. М., Антонова Л. В., Гладух Є. В. Методи розрахунку процесу екстракції у системі «тверде тіло – рідина» // Вісник НТУ «ХП». – № 42. – 2006. – С.129-133.
4. Зайцев О. І., Бойко М. М., Антонова Л. В., Гладух Є. В. Теоретичне та експериментальне визначення коефіцієнта утримання рідини твердою фазою та коефіцієнта розподілу екстрактивної речовини між фазами при екстракції в системі «тверде тіло – рідина» // Вісник фармації. – № 2 (42). – 2007. – С.66-70.
5. Бойко М. М. Застосування ультразвуку у виробництві настоек з деяких видів рослинної сировини: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня к.фарм.н.: спец.15.00.01 «Технологія ліків та організація фармацевтичної справи» / М. М. Бойко. – Харків, 2010. – 21 с.

УДК 664.8.047

КОНВЕКТИВНАЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ СУШКА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Снежкин Ю.Ф. чл.-корр. НАН Украины,
Шапарь Р.А. канд. техн. наук, ст. научн. сотр., Дабижа Н.А. научн. сотр.
Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев

Приведены примеры низкотемпературного обезвоживания растительных термолабильных материалов, обобщены закономерности кинетики влагообмена, рекомендованы сушильные установки для повышения эффективности процесса сушки.

This paper presents the examples of the low temperature dehydration of plant thermosensitive materials. The behavior of the moisture exchange kinetics are generalized, the drying units for the increase in drying process efficiency are recommended.

Ключевые слова: параметры процесса, кинетика низкотемпературного обезвоживания, эффективность процесса, сушильные установки, энергозатраты.

Введение

Специфические свойства отдельных пищевых продуктов обуславливают различные требования к процессу сушки и режиму его проведения. Знание свойств и закономерностей изменения их при сушке в

зависимости от параметров процесса дает возможность выбрать наиболее рациональный способ сушки и обосновать наилучший режим его проведения.

Установление оптимального режима процесса сушки достигается комбинацией параметров сушильного агента и условий ведения процесса, таких как поверхность испарения и форма обезвоживаемого материала, скорость и направление движения сушильного агента, его влагосодержание и температура. Доминирующим параметром, определяющим интенсивность процесса, является температура сушильного агента: чем она выше, тем интенсивнее проходит процесс удаления влаги. Однако, для ряда растительных материалов, повышение температуры среды может привести к потере ценных составляющих, поэтому их сушку необходимо осуществлять в режиме низкотемпературного обезвоживания.

Результаты экспериментальных исследований

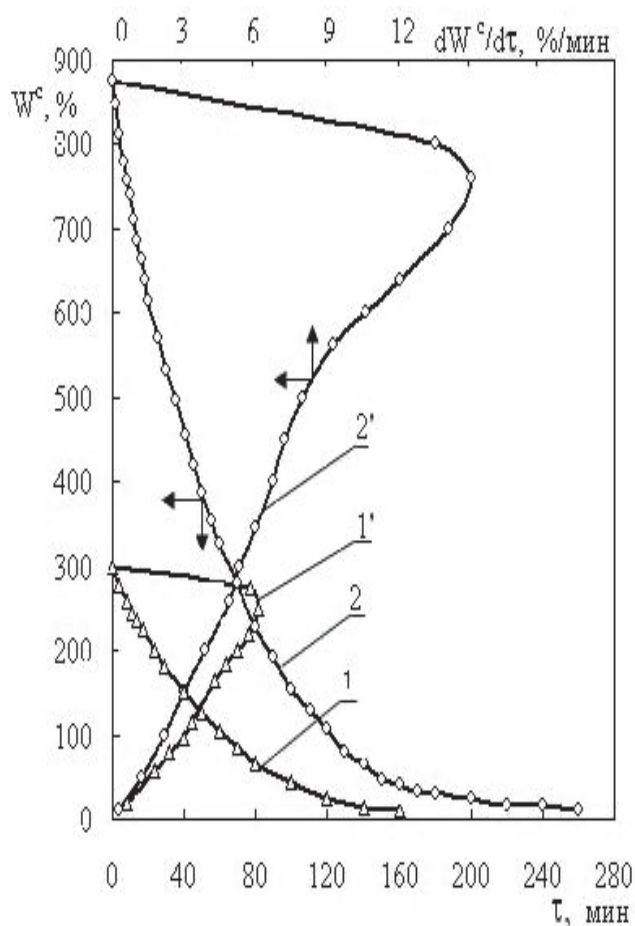
По результатам экспериментальных исследований обезвоживания термолабильных растительных материалов, рассматривая конкретное сырье как объект сушки, стало возможным усовершенствование процесса сушки, повышение его эффективности при максимальной степени сохранности его полезных веществ и длительного хранения высушенного продукта. Из множества растительных материалов, подвергаемых сушке, особенно жесткие требования предъявляются к обезвоживанию эфиромасличного и пряноароматического сырья, характерным отличительным признаком которых является высокая термолабильность, обусловленная наличием в их составе эфирных масел. Эфирные масла — сложные

многокомпонентные смеси летучих душистых веществ, относящихся к монотерпенам, ароматическим соединениям и их производным. Число компонентов в составе одного эфирного масла может достигать сотни и более. Компоненты эфирных масел находятся в свободном состоянии или в связанной форме, чаще в виде глюкозидов.

Исследования закономерностей кинетики влагообмена пряноароматического сырья проводились для чабера садового и лука зеленого. Трава чабера садового содержит до 2% эфирных масел, его главными компонентами являются карвакрол, цимол, борнеол, тимол. В состав эфирных масел лука зеленого входят сульфидные вещества, их количество колеблется от 12 до 100 мг% [1, 3].

Экспериментально установлено, что обезвоживание материалов, содержащих эфирные масла, необходимо осуществлять в среде с температурой сушильного агента не выше 45...55 °С, поскольку при более высоких температурах происходят потери эфирных масел вследствие их высокой летучести. Такой температурный режим способствует расщеплению глюкозидированных форм терпеноидов, повышая тем самым, в последующем, выход эфирных масел. Одновременно в процессе сушки дополнительно образуются эфирные масла за счет первичных предшественников. На рис. 1 приведены результаты экспериментальных исследований процесса сушки чабера садового и зеленых листьев лука в виде кривых кинетики сушки $W^c = f(\tau)$ и кривых скорости сушки $dW^c/d\tau = f(W^c)$ в режиме низкотемпературного обезвоживания.

Анализ экспериментальных данных показывает, что исследуемые материалы имеют различную начальную влажность, и



$$t = 50 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad g = 3,14 \text{ кг/м}^2;$$

1, 1' — чабер садовий 2, 2' — зелені листя лука,

1, 2 — криві сушки $W^c = f(\tau)$;

1', 2' — криві швидкості сушки $dW^c/d\tau = f(W^c)$;

Рис. 1 — Влияние вида сырья на кинетику сушки

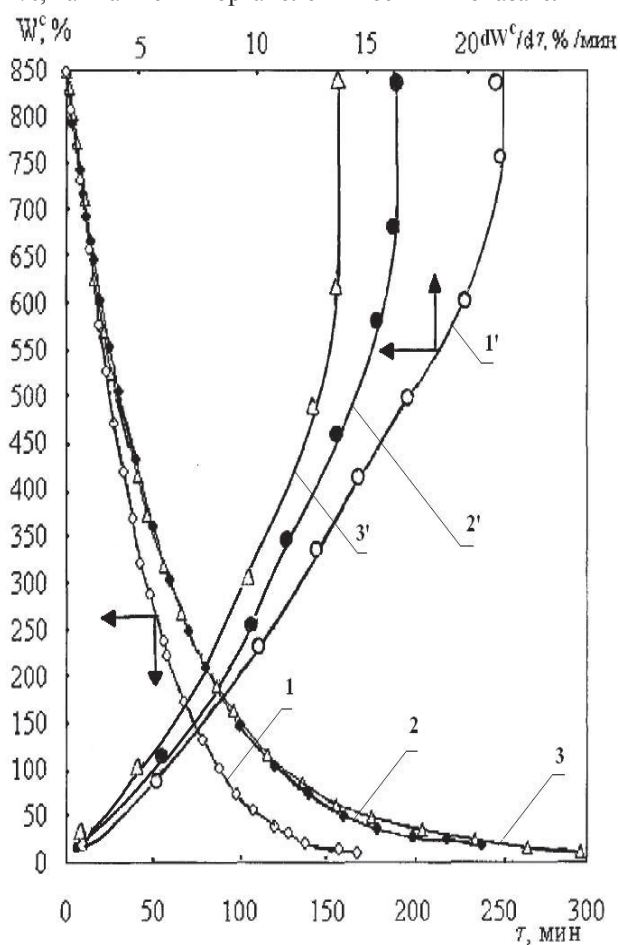
процесс их обезвоживания протекает в периоде падающей скорости. На стадии прогревания скорость сушки чабера садового увеличивается до своего максимального значения 6,2 %/мин, зеленых листьев лука — до 15,0 %/мин. Обезвоживание чабера садового происходит с меньшей интенсивностью на протяжении всего процесса сушки. По окончании процесса цвет высушенных материалов, вкус и запах свойственные исходному сырью. Превышение температуры сушильного агента при обезвоживании пряноароматического сырья свыше 55 °С приводит к значительному снижению органолептических показателей готового продукта и является неприемлемым.

Еще одним примером низкотемпературного обезвоживания является сушка чайной розы, в цветках которой содержится 0,02...0,04 % эфирных масел. Душистый аромат розы обусловлен в основном гераниолом, неролом, цитронелолом, фенилэтиленовым спиртом [2]. Исходный цвет лепестков роз от бледно-розового до ярко-розового. Начальная влажность колеблется в пределах $W = 80...87$ %. Исследования процесса обезвоживания лепестков розы проводили в условиях атмосферного давления на опытно-промышленной камерной сушильной установке и в условиях разряжения ($p = 0,9$ кг/см²) в вакуумной сушильной камере. Обезвоживание проводилось при температуре 45 °С до остаточной влажности не более 3 %. Усушка лепестков розы независимо от типа сушильного оборудования составляет 5,0...5,2 раза. Преимущества вакуумного обезвоживания выражаются в интенсификации процесса и сокращении его длительности на 20 %, а также в органолептических показателях высушенных лепестков. В образцах, высушенных в условиях разряжения, аромат и цвет лепестков более выраженный. Потеря цвета и аромата лепестков, высушенных при атмосферных условиях, является следствием воздействия кислорода и влаги на эфирные масла. Отдельные компоненты масел окисляются, что приводит к потере запаха, т.к. происходит процесс осмоления эфирных масел. Воздействие таких факторов при сушке в условиях разряжения сведено к минимуму. Однако, использование вакуумной сушки ограничено в виду высокой стоимости оборудования, сложности его обслуживания, высоких энергозатрат.

Сравнительный анализ органолептических показателей лепестков розы при хранении в течение года показал, что наилучшими условиями сохранности цвета и аромата являются низкая температура, герметичность упаковки и защищенность ее от воздействия солнечных лучей.

На рис. 2 приведены результаты экспериментальных исследований низкотемпературной сушки капусты брокколи. Согласно данным литературных источников [3, 4] содержание основных химических веществ зависит от сорта и зоны выращивания и колеблется в пределах: сухих веществ от 7,0 до 19,0 %, сахаров — от 1,2 до 4,4 %, аскорбиновой кислоты — от 42,0 до 181 мг/%. В составе капусты брокколи содержится комплекс витаминов и минеральных веществ. По наличию β-каротина эта культура во много раз превосходит другие овощные культуры и наряду с морковью и тыквой является основным источником этого витамина. Хлорофилл, содержащийся в капусте, благотворно влияет на состав крови, а содержание особого вещества сульфорафана, определяет ее как сырье для лекарственных препаратов. Во избежание потерь ценных ингредиентов использование высоких температур сушильного агента становится невозможным.

Для исследований использована капуста сорта



$$t = 60 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad g = 9,8 \text{ кг/м}^2; \quad V = 3,5 \text{ м/с};$$

1,1' – основной стебель;

2,2' – смесь; 3,3' – бутон;

1,2,3 – кривые сушки $W^c = f(\tau)$;

1', 2', 3' – кривые скорости сушки $dW^c/d\tau = f(W^c)$;

Рис. 2 – Кривые кинетики влагообмена

Cezar (Польша). Цвет листьев светло-зеленый, головка средней плотности. Разделив капусту брокколи на плотный основной стебель, нежный стебель, примыкающий непосредственно к бутону, и бутон, определили, что величина начальной влажности снижается от $W = 90\%$ до 88 и 86 %, в указанном порядке соответственно.

Анализируя кривые кинетики сушки, скорости сушки и температурные кривые каждой из составных частей капусты брокколи и их смеси, установлено, что механизм удаления влаги носит аналогичный характер. Процесс сушки проходит в периоде постоянной и убывающей скорости. В периоде постоянной скорости интенсивность обезвоживания основного стебля на 26 % превышает интенсивность обезвоживания смеси и на 40 % — бутонов. Независимо от вида части капусты, в указанном диапазоне параметров процесса, длительность периода постоянной скорости не превышает 8,5 % от общей продолжительности процесса. Температура материала в процессе сушки не превышает 54 °С.

На основании обобщения закономерностей влагообмена при сушке термолabileльных растительных материалов, разработан ряд низкотемпературных сушильных установок:

- камерного типа с использованием возобновляемых источников энергии;
- конденсационная сушильная установка с использованием парокомпрессионного теплового насоса;
- сорбционная сушильная установка с использованием вторичных и возобновляемых источников энергии.

Достоинством сорбционных сушильных установок является использование низкопотенциальных источников энергии, в т.ч. и солнечной радиации, для регенерации сорбента и утилизации теплоты сорбции с последующим ее использованием для нагрева исходного материала в процессе обезвоживания. Ведение процесса на низком температурном уровне осушенным сушильным агентом характеризуется достаточно высокой интенсивностью, которая достигается за счет сохранения высокого массообменного напора между сушильным агентом и обезвоживаемым материалом.

Затраты энергии при использовании перечисленного сушильного оборудования в 1,5 раза ниже в сравнении с существующими отечественными камерными сушильными установками [5, 6, 7].

Выводы

На основании результатов экспериментальных исследований и обобщения закономерностей влагообмена при сушке, разработаны и рекомендованы сушильные установки для эффективного низкотемпературного обезвоживания, позволяющие в максимальной степени сохранить ценные ингредиенты исходного сырья.

Литература

1. Почему растения лечат/М.Я. Ловкина, А.М. Рабинович, С.М. Пономарева и др.– М.: Наука –1990.– 256 с.
2. Михайлов Н.Л. Розы. – М.: Наука. – 1972. – 176 с.
3. П.Ф. Сокол. Улучшение качества продукции овощных и бахчевых культур.– М.:Колос. –1978. – 293 с.
4. Белик В.Ф. Овощные культуры.– М.: Колос.–1988.– С. 222–248
5. Використання теплових насосів у процесах сушіння. Снежкін Ю.Ф., Чалаєв Д.М., Шаврин В.С., Шапар Р.О, Хавін О.О., Дабіжа Н.О.//Промышленная теплотехника.– 2006.–Т.28, №2.–С. 106-110
6. Комплексное использование геотермальной энергии в агропромышленном секторе. Снежкин Ю.Ф., Чалаев Д.М, Шаврин В.С., Шапарь Р.А.// Відновлювана енергетика. – 2007.–№1.–С. 68–70
7. Снежкин Ю.Ф. Пути интенсификации процессов сушки//Промышленная теплотехника.–2009.– Т. 31, № 7.– С.89