

готовом продукте по сравнению с пророщенным зерном в среднем ниже на 2,6%. Такие потери витамина С связаны с бланшированием зерна и стерилизацией готовой продукции. Очевидно, что консервированная продукция на основе пророщенной пшеницы и тритикале не является источником витамина С.

Таблица 2 – Физико-химические показатели консервированной продукции на основе пшеницы и тритикале

Наименование показателей	Консервированная продукция		
	пшеница бессортовая	пшеница Рассвет	Тритикале Антось
Содержание белка, %	4,08	4,45	3,32
Массовая доля жира, %	0,18	0,09	0,30
Массовая доля сахаров, %			
общих	0,54	0,83	0,76
редуцирующих	0,27	0,52	0,38
Массовая доля крахмала, %	16,10	24,23	13,64
Массовая доля клетчатки, %	3,60	3,10	3,30
Содержание витамина С, мг/100 г	0,81	0,91	0,86
Активная кислотность (рН)	5,91	5,75	5,80
Титруемая кислотность (в пересчете на яблочную кислоту), %	0,03	0,05	0,05
Зольность, %	2,37	2,12	2,05

В результате стерилизации и в процессе хранения готовой консервированной продукции происходит увеличение массы зерна. Коэффициент набухания зерна при этом составляет 1,12% для пшеницы и 1,16% для тритикале. Происходит также растрескивание зерен. Количество поврежденных зерен составляет в среднем 4,2% к массе зерна у пшеницы и 3,8% - у тритикале.

Заключение

В результате исследований установлено, что химический состав пророщенного зерна, подтверждает его ценность как возможного сырья для производства консервированных продуктов. Новый вид консервов может стать недорогим и доступным натуральным продуктом, который поможет оздоровить организм человека. Внедрение его в производство позволит сгладить сезонность, характерную для предприятий консервной отрасли Беларуси и получить принципиально новый вид продукции для общественного питания, превосходящий по биологической ценности уже известные традиционные консервированные продукты, такие как зеленый горошек, сахарная кукуруза, фасоль натуральная. Таким образом, консервированные пророщенные зерна пшеницы и тритикале являются перспективными продуктами для приготовления блюд общественного питания.

Литература

1. Скурихин, И.М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания. Справочник / И.М. Скурихин, В.А. Тутельян. – М.: ДеЛи принт, 2007. - 276 с.
2. Биохимические особенности изменения белкового и ферментативного комплексов и клейковины зерна тритикале при прорастании / Чумикина Л.В., Арабова Л.И., Топунов А.Ф. // Известия вузов. Пищевая технология, 2009, №2-3, с. 9-12.
3. Технология солода, пива и безалкогольных напитков. – М.: Колос, 1992. – 446 с.

УДК 621.521:664

ФИЗИКА ОШИБОК ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВАКУУМНЫХ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Колончук М.В., Дедок Н.Н., к.физ.-мат. наук, доц. (БГАТУ, Минск)

Введение

Основой многих технологических процессов, обеспечивающих техническое перевооружение агропромышленного комплекса республики, является вакуумная техника. Продукты длительного хранения, например, консервируются вакуумным вымораживанием, а скоропортящиеся фрукты и овощи – вакуумной расфасовкой. Вакуумное выпаривание применяется при производстве сахара и солеварении. Доение коров осуществляют вакуумными доильными аппаратами. Вакуумные технологии позволяют избежать проблем, обусловливаемых традиционными методами. Они сокращают длительность технологического процесса, снижают энергетические затраты и повышают качество продукции.

Традиционная тепловая сушка, например, пиломатериалов или изоляции обмоток электродвигателей (горячим воздухом в течение 7...9 дней) продолжительнее вакуумной сушки (24 часа). Время выдержки (10

Секция 1: Переработка и хранение сельскохозяйственной продукции

минут) при варке варений в вакуумных аппаратах меньше, чем в котлах атмосферного давления (5...6 часов). Процессы вакуумного охлаждения, плодов и овощей, пищевой зелени и шкур убойных животных происходят за 5...30 минут. Процессы выпаривания воды из молока, варенья, соков, рыбной муки при низкой температуре (менее 100°C) предотвращают качественные изменения – свертывание белка, образование глютена. Желатина, полученная в вакууме, легко растворяется холодной водой. Вакуумированный фарш дольше сохраняет цвет и свежесть мясных продуктов, а фруктовый сок обладает более высокими вкусовыми качествами. Вакуумное измельчение мясных полуфабрикатов повышает плотность фарша на 5...7 % и уменьшает расход колбасной оболочки. Вакуумное консервирование шкур убойных животных исключает применение поваренной соли и антисептиков. Процессы вакуумного размораживания исключают затраты энергии на подогрев продуктов.

Однако внедрение новых вакуумных технологий производителями иногда безуспешно. Сушка, например, древесины низковакуумным насосом оказывалась малоэффективной: влажность досок оставалась постоянной. Выпаривание молока с помощью водокольцевого насоса малой производительности (ВВН1-3) приостанавливало технологический процесс из-за высокого давления. Монтаж новой доильной установки с сохранением ряда элементов старой сопровождался значительными колебаниями вакуумметрического давления. Проявление подобных явлений свойственно и другим вакуумным технологиям.

Основная причина параметрических отказов вакуумных систем – человеческий фактор (ошибки комплектации, монтажа и ремонта). Анализируемые ошибки являются как единичными, так и массовыми и вызваны игнорированием требований эксплуатации вакуумных систем. Сказывается отсутствие достаточной компетентности и подготовленности инженерно-технического и обслуживающего персонала.

Знание физической сущности причин параметрических отказов способствует устранению имеющихся и предупреждению возможных ошибок использования вакуумных систем на других объектах хозяйствования. Цель работы – обобщение практических советов по выбору и использованию вакуумного оборудования предпринимателям и фермерам, пытающимся самостоятельно внедрить новые вакуумные технологии.

Основная часть

Пробные запуски вакуумных систем, заканчивающиеся отрицательным результатом (постоянство влажности, низкий вакуум, колебания давления, деформация корпусов вакуумных аппаратов) обычно обуславливаются игнорированием характеристик используемых насосов. Ошибки выбора вакуумных насосов обусловлены тем, что производители, сталкиваясь с потребностью применения вакуумной техники в конкретной технологии, отождествляют процессы с большими и малыми газовыми потоками. Большинство вакуумных технологических процессов (выпаривание молока и варка варенья, изготовление томатной пасты и пюре, сгущенных фруктовых и ягодных соков, повидла и джема, регенерация моющих порошков) требуют удаления больших объемов воды. Так, линия производства томатной пасты требует выпаривания 6,5 тонн воды из каждых 8 тонн помидоров. Рабочее давление подобных технологических процессов высокое – 25...80 кПа. Удельный объем водяных паров превышают 10...15 м³/кг. Откачка больших объемов водяных паров осуществима насосами большой быстроты действия. Ряд же вакуумных технологических процессов (размораживание пищевых продуктов, смешивание молочного порошка, сушка древесины и блокировка теплопритоков) сопровождается малым выделением водяных паров, но требует низких давлений (от 0,01 до 1000 Па) (таблица 1).

Первый вид технологий обеспечивают агрегаты, комплектуемые путем параллельного соединения водокольцевых вакуумных насосов. Количество их определяется давлением, обеспечиваемым одним насосом. Это давление определяется паровоздушным потоком и быстротой действия насоса. Число насосов низковакуумного агрегата определяет величина требуемого технологического давления. Например, параллельная работа двух одинаковых насосов снижает вдвое рабочее давление при фиксированном воздушном потоке. Применение даже большого числа вакуумных насосов сохраняет давление выше предельного, обеспечиваемого одним насосом.

Насосы, применяемые для низковакуумных технологий, характеризуются высокими предельными давлениями. Даже тщательная пригонка их деталей допускает обратное протекание воздуха с нагнетательной стороны на сторону впуска. Предельное рабочее давление, например, водокольцевых насосов ограничено давлением насыщенных паров воды и составляет 4 кПа при 293К. По этой причине использование только водокольцевого насоса для создания давлений ниже 10...16 кПа малоэффективно. Поэтому повышение вакуума обеспечивается путем последовательного соединения насосов. Так, два последовательные водокольцевые насосы обеспечивают устойчивое давление 10 кПа.

Часто применяются комбинированные агрегаты, состоящие из пароструйного эжектора и поршневого вакуумного насоса. Такие агрегаты используются в установках для сушки и обработки мыла под вакуумом, дистилляции натуральных жирных кислот. Они обеспечивают давление 0,8...2,0 кПа. Сочетание газоструйного эжектора с водокольцевым вакуумным насосом может быть применено при получении давления до 1,0...4,0 кПа. Применяются вакуумные агрегаты на базе пароструйного и водоструйного эжекторов. Однако агрегаты, скомплектованные опытным путем насосами различных типов, часто мало совместимы по воздушному потоку и давлению, увеличивают энергопотребление и требуют большого расхода пара и воды.

Вторичные пары, образующиеся в вакуумных аппаратах, могут выходить из них только в пространство с еще более высоким вакуумом. Удаление вторичных паров насосами малоэкономично: удельный объем паров

низкого давления велик и требуются насосы больших размеров и производительности. Наиболее простой способ создания вакуума – это конденсация вторичных паров в герметическом сосуде (конденсаторе) холодной водой. Объем конденсируемых паров, уменьшаясь тысячекратно, способствует созданию вакуума. Однако лишь конденсацией вторичных паров в конденсаторе сложно стабилизировать вакуум.

Таблица 1 – Параметры вакуумных технологических процессов

Технологический процесс	Абсолютное давление, Па	Удельный объем пара, м ³ /кг
Дистилляция соевого масла	0,01	1450000
Сублимационная сушка пищевых продуктов и заквасок	10	14500
Вакуумная блокировка теплопритоков	10...15	14500
Производство технических жиров	750	168
Сушка яичного белка, патоки	1000	129
Выпаривание соков, размораживание продуктов	2000	65
Деаэрация соков, получение подсолнечного масла	5000	29
Фильтрация навозных стоков, жидкостей и суспензий	8000	
Выпаривание молока, обрат, сыворотки	10000	14,5
Варка плодово-ягодного пюре и варенья	20000	7,6
Консервирование рыбопродуктов	25000	5,3
Производство рыбной муки	30000	4,8
Доение коров	50000	
Выпаривание сахарной свеклы	90000	1,8

Объясняется это повышением парциального давления просачивающегося воздуха вследствие нарушения герметичности конденсатора и снижения парциального давления паров. Поэтому устойчивость вакуума в нем обеспечивается откачкой скапливающегося воздуха водокольцевыми насосами. Эти насосы экологически более безопасны. Ведь износ текстолитовых пластин ротационных вакуумных насосов предотвращают подачей масла. Высокая температура пластин вызывает крекинг масла и испарение продуктов разложения. Давление 1...10 кПа поддерживает турбулентное течение, способствующее миграции паров масла против откачиваемого потока воздуха.

Ошибкой использования низковакуумных ротационных насосов является демонтаж обратных клапанов. Такое техническое допущение, вызывая обратное вращение ротора вакуумного насоса при его выключении, усиливает износ наклонных пластин пластинчатого насоса или способствует попаданию рабочей жидкости водокольцевого насоса в рабочий аппарат. Одна из ошибок ремонта, вызывающая остановку технологического процесса, – превышение требуемой величины зазоров между подвижными деталями насоса. Зазоры характеризуются тремя параметрами: высотой, глубиной и длиной по фронту. Наиболее существенный параметр – высота зазора. Технологически достижимый торцовый зазор между рабочим колесом и боковой крышкой корпуса современных водокольцевых насосов, например, составляет 0,1...0,25 мм. Увеличение этого зазора до 1,5 мм снижает быстроту действия насосов на 50%.

Сложнее обеспечить требования технологий среднего и высокого вакуума. Проведение технологических процессов (сушка, пропитка, дистилляция) в условиях среднего и высокого вакуума (давление 10⁻¹...100 Па и ниже) сопровождается конденсацией водяных паров в форвакуумных насосах, выбрасывающих пары в атмосферу. Давление пара, сжимаемого вспомогательным насосом, подчиняется закону Бойля-Мариотта. Дальнейшее изобарическое уменьшение объема обуславливается конденсацией насыщенного пара, а последующий рост давления – сжатием жидкости. Конденсацию пара предотвращают повышением его температуры или общего давления в камере сжатия напуском воздуха. Температурное регулирование состояния водяного пара обеспечивает более низкое предельное давление, но требует термостойких сальников и подшипников вакуумных насосов (при температуре пара 100°C). Поэтому проведение многих таких процессов обеспечивают газобалластные вакуумные насосы. Предотвращение конденсации паров в них осуществляется напуском воздуха через отдельное отверстие с обратным клапаном. Поток балластного воздуха тем больше, чем больше быстрота действия насоса, давление пара во входном сечении и чем меньше давление насыщенных паров.

Эффективными также являются вакуумные агрегаты на базе последовательного соединения форвакуумного (пластинчатый, водокольцевой, газобалластный) насоса и двухроторного насоса. Они экономичнее (в 2...3 раза) комбинированных агрегатов аналогичной быстроты откачки. Повышение производительности двухроторных насосов в области среднего вакуума (0,1...100 Па) объясняется увеличением коэффициента компрессии. Ведь обратный поток таких насосов определяется зазорами. Высокий вакуум – главный фактор низкой проводимости щелей и большого коэффициента компрессии (50). Поэтому механические вакуумные насосы, обеспечивающие средний и высокий вакуум, имеют максимум на кривой зависимости их производительности от давления и требуют предварительного разрежения. Насосы вакуумного агрегата должны быть согласованы по производительности. Математическая модель совместимости

Секция 1: Переработка и хранение сельскохозяйственной продукции

последовательно соединенных (обычно не более трех) насосов вакуумного агрегата отображает постоянство воздушного потока

$$S_1 p_1 = S_2 p_2 = \dots = S_n p_n$$

где S_n – быстрота откачки насоса n -ой ступени;

p_n – давление всасывания насоса n -ой ступени.

Отсюда следует

$$S_1 = S_n p_n / p_1.$$

Производительность вакуумного агрегата (разность теоретической производительности и обратного натекания воздуха) равна воздушному потоку на входе в форвакуумный насос. Быстрота действия агрегата зависит от давления всасывания форвакуумного насоса. Первоначально снижение этого давления изменяет характер течения воздуха в зазорах до молекулярного режима течения и, следовательно, повышает быстроту действия вакуумного агрегата. Достижение форвакуумным насосом предельного давления всасывания уменьшает быстроту действия его до нуля и соответственно быстроту действия вакуумного агрегата.

Поэтому агрегат для создания среднего и высокого вакуума следует комплектовать форвакуумным насосом с широким диапазоном постоянной быстроты действия и учитывать наибольшее выпускное давление средне или высоковакуумного насоса. Ведь основным параметром насоса является наибольшее выпускное давление – максимальное давление в его выходном сечении, при котором он может осуществлять откачку. Выпускное давление меньше наибольшего выпускного давления слабо изменяет быстроту откачки и предельное давление. Превышение критического выпускного давления вызывает срыв насоса – резкое снижение быстроты откачки. Давление нагнетания низковакуумных насосов превышает, как правило, атмосферное давление (100 кПа), а турбомолекулярных насосов достигает лишь 65-130 Па (вследствие изменения режима течения воздуха в области более высоких давлений). Максимальное выпускное давление вакуумных эжекторных насосов достигает давления рабочего пара, и, например, для паромасляного насоса оно составляет 150...500 Па. Форвакуумный насос снижает давление на выходе основного насоса. Количество воздуха, возвращающегося из заземленного объема, и предельное давление существенно снижаются. Быстрота действия форвакуумного насоса, перекачивающего то же количество воздуха под более высоким давлением, составляет около 10% быстроты действия основного насоса.

Ошибки, способствующие росту потребляемой мощности, предопределяет монтажная схема (децентрализованная или централизованная) вакуумной системы. Например, на многих молочно-товарных фермах смонтированы децентрализованные вакуумные системы. Основой этих вакуумных систем является доильная установка на 100 коров, комплектуемая вакуумным насосом быстротой действия 60 м³/ч. Такие схемы характеризуются повышенной надежностью (безотказностью и ремонтпригодностью). Крупные фермы (400 коров) целесообразно комплектовать централизованным магистральным вакуумным трубопроводом и насосом. Производительность централизованного насоса растет пропорционально кубу линейного размера насоса. Потребляемая мощность обуславливается площадью поверхности трения и величина ее пропорциональна квадрату линейного размера. Следовательно, отношение производительности и потребляемой им мощности возрастает пропорционально линейному размеру.

Поэтому централизованная система откачки на базе вакуумного насоса большой производительности менее энергоемкая. Она снижает потребляемую электроприводом мощность на 20-30% и объем вакуумной системы на 15-75%. Максимальный объем централизованной вакуумной системы доения коров достигает 4 м³.

Технологические процессы менее энергоемки при малом перепаде вакуумметрического давления между насосом и откачиваемым аппаратом (2...3 кПа). Увеличение перепада давления вследствие монтажа дросселирующих элементов повышает энергоемкость процесса (на 10-14%) из-за наличия экстремума мощности вакуумного насоса (при давлении примерно 30 кПа). Внешний признак такой ошибки – сверхнормативное число задействованных насосов. Снижению перепада давления способствуют трубопроводы большого диаметра, так как пропускная способность пропорциональна диаметру трубы в четвертой степени. Это свойство трубопроводов определяет основное уравнение вакуумной техники

$$S_o / S_n = U / (U + S_n)$$

где S_o – быстрота откачки, м³/с;

S_n – быстрота действия насоса, м³/с;

U – проводимость трубопроводов, м³/с.

Оно позволяет повысить коэффициент использования вакуумного насоса до 0,89. Зарубежные системы доения коров комплектуются вакуумными трубопроводами диаметром даже свыше 80 мм.

Использование вакуумной системы часто затрудняет нарушение исправности насосов и герметичности трубопроводов. Исправность оборудования определяет своевременность и полнота ремонтных воздействий. Экстренность же наладки вакуумной системы рекомендуется определять по времени повышения давления при тестировании. Контролируемое время повышения давления определяет объем вакуумной системы. Различие фактического и проектного объема (вследствие изменения монтажных схем) снижает точность оценки герметичности системы. Оценивать герметичность расходомерами и индикаторами производительности, методически сложно. Теория вакуумной техники позволяет оценивать герметичность системы величиной

предельного давления вакуумных насосов. Полученные зависимости позволяют самостоятельно рассчитать тестируемые параметры любых вакуумных систем.

Заключение

Широкое и эффективное применение вакуумной техники во всех отраслях агропромышленного комплекса возможно на основе учета и систематизации материалов, требуемых для проектирования и эксплуатации аппаратуры, работающей в разреженной среде.

Литература

1. Сентябов В. Вакуумная сушка древесины: невостребуемый проект. – Строительство и недвижимость, №13, 7.04.1998, – с.61.
2. Мжельский Н.И. Вакуумные насосы для доильных установок. М.: «Машиностроение», 1974, 152 с.

УДК 664.0:637.52

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

*Пойманов В.В., к.т.н., доц., Прибытков А.В., к.т.н., доц., Нестеров Д.А.
(Воронежский государственный университет инженерных технологий, Россия)*

Введение

Современные тенденции научно-технического прогресса отраслей АПК Российской Федерации в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 гг.» предусматривают широкое применение биотехнологических методов переработки сельскохозяйственного сырья, химического и биологического синтеза пищевых веществ и биологических средств питания и защиты животных.

В последние годы во всем мире получило широкое признание развитие нового направления пищевой промышленности – производство продуктов функционального питания. Это продукты и напитки, включающие в себя комплексы биотических компонентов: пробиотиков, пребиотиков и синбиотиков.

Основная часть

Пищевая промышленность Российской Федерации, по оценке Abercade, закупает биотехнологических препаратов примерно на \$100 млн. в год. Это закваски для производства кисломолочных продуктов, дрожжи и ферменты для производства спирта, стартовые культуры для производства мясных продуктов. На этом рынке отечественная продукция занимает около 9...12 %. Создание наукоемкого оборудования нового поколения для производства бактериальных концентратов для предприятий молочной и мясной отраслей пищевой промышленности позволит решить проблему импортозамещения данного вида продукции.

Создание современных биотехнологий, отвечающих требованиям международных стандартов качества, привело к необходимости конструирования нового отечественного оборудования.

Увеличивающийся спрос на сублимированные бактериальные концентраты (бакконцентраты) определил необходимость разработки промышленной технологии и оборудования, которые позволяли бы, с одной стороны, получать продукт с высокими качественными характеристиками, а с другой – обеспечивать высокую стабильность этих качественных характеристик.

Производство продуктов с пробиотической направленностью базируется на использовании стартовых культур микроорганизмов, которые вводятся в виде заквасок и бакконцентратов. Совершенствование технологии производства бакконцентратов является актуальной проблемой, при этом важное место в исследованиях занимает повышение активности бакконцентратов, унификация их свойств, экономичность производства.

В настоящее время наибольшее распространение получили бакконцентраты «прямого внесения». В качестве финишной операции (консервирования) используется замораживание при низких температурах (криозамораживание) или вакуум-сублимационная сушка подготовленной бактериальной массы.

Следовательно, получение бакконцентратов «прямого внесения» является актуальной задачей и требует проведения экспериментальных работ с целью отработки технологии производства бакконцентратов с предварительным криозамораживанием микробной биомассы. Создание и реализация такой технологии в РФ открывает новые возможности в повышении качества и экономической эффективности бакконцентратов, т.е. способствует повышению конкурентоспособности.

Данный проект посвящен разработке финишного оборудования для производства сухих бакконцентратов. Одними из основных объектов являются скороморозильный аппарат, предназначенный для замораживания бакконцентратов, а также вакуум-сублимационная сушилка непрерывного действия.

Комплексный подход к созданию конкурентоспособной технологии обезвоживания термолабильных продуктов путем перехода на непрерывный способ сушки с эффективным комбинированным энергоподводом к продуктам, имеющим различную структуру, позволяет обеспечить интенсификацию процесса, низкие энергозатраты и себестоимость продукции при высоком уровне ее качества.

Техническая идея внедряемых конструкторских разработок состоит также в повышении степени автоматизации оборудования участка замораживания и сушки, что позволит снизить время на простой,