

## ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ

УДК 663.8:582.475

*B.E. Силин*

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ НАСТОЕК НА СЕМЕНАХ КЕДРОВОЙ СОСНЫ СИБИРСКОЙ

*В статье представлены исследования по моделированию процесса получения спиртосодержащих функциональных продуктов из обработанных кедровых семян и скорлупы на предлагаемой технологической линии. Полученные результаты позволяют сократить количество технологических операций, создать технологию с оптимальными режимами по производительности и качеству.*

**Ключевые слова:** кедровый орех, спиртовая настойка, ароматическая добавка кедровая, кедровый, сосна сибирская кедровая.

*V.E. Silin*

### MODELING THE PROCESSES FOR TINCTURE RECEIVING BASED ON THE SIBERIAN CEDER PINE SEEDS

*The research on modeling the process for receiving the alcohol containing functional products made of treated pine seeds and shells on the proposed processing line are given in the article. The received results allow to reduce the processing operation number, to create the technology with the optimum production and quality modes.*

**Key words:** pine nut, alcoholic tincture, cedar aromatic additive, pine, Siberian cedar pine.

**Введение.** Нарушение питания у населения Восточной Сибири обусловлено недостаточным потреблением биологически активных пищевых веществ природного происхождения и нерациональным их соотношением. В северных районах Красноярского края огромное значение имеет составление рациона питания населения, направленного на сохранение здоровья его жителей. Важным условием модернизации пищевых производств в регионе является разработка новых технологий, использующих местные источники растительного сырья, в том числе плодов кедровой сосны сибирской [1-4]. В народной медицине популярна настойка кедровых орехов. Такая настойка применяется для лечения множества заболеваний, восстановления жизненных сил и красоты, поскольку содержит в себе самые лучшие качества орехов и практически не имеет противопоказаний. Все полезные вещества, витамины и микроэлементы, в том числе марганец, фосфор, цинк, йод, входящие в кедровые орехи, прекрасно сохраняются в настойке. Настойка орехов кедра имеет противовоспалительное действие. Кроме того, она дезинфицирует раны и укрепляет тонус организма. Среди разнообразных народных средств наиболее популярна именно кедровая настойка, применение других настоек не обладает такой эффективностью и практически не имеет противопоказаний. Настойка помогает при болезнях желудка и кишечника, нервных расстройствах, простудных заболеваниях. Разумно употребляя такое средство внутрь, можно легко вывести соли из организма. Кедровая настойка на спирту лечит ревматизм, подагру, авитаминоз, нарушения обмена веществ и др. Ее ежедневное использование улучшает состав крови.

**Актуальность исследований.** Проект технологической линии для получения настойки позволяет сократить количество технологических операций, обеспечить непрерывность производства и его оптимизацию в течение времени без использования специального оборудования.

**Цель исследований.** Разработка проекта и модели процесса получения и применения спиртосодержащих функциональных продуктов из семян кедровой сосны сибирской

#### **Задачи исследований:**

1. На основе сравнительного анализа существующих технологий и рецептур приготовления настоек на семенах сосны сибирской кедровой определить перспективы совершенствования этого функционального продукта.

2. Разработать модель исследования технологической линии для обоснования эффективных режимных параметров и рецептуры получения и применения спиртосодержащих продуктов из семян кедровой сосны сибирской с учётом физико-химических показателей сырья.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований являются звенья технологической линии производства спиртовой настойки и натуральной вкусовой ароматической добавки, а также само сырье – кедровые орехи. Для установления состояния звеньев линии в определенный момент времени использованы методы переходных процессов, система компьютерной математики Maple.

**Результаты исследований и их обсуждения.** Исследование ближайших опытов показывает, что композиция ингредиентов для горькой настойки-бальзама "Сибирь" включает в себя 24 ингредиента, одним из которых является кедровый орех; в композиции ингредиентов для бальзама "Горно-Алтайский" кедровый орех также является одним из 29 ингредиентов. Однако в этих композициях орех присутствует в незначительных количествах (от 5 до 50 кг/1000 дал) и не оказывает доминирующего влияния на органолептические свойства напитков. Известна настойка горькая "Кедровка". Рецептура отличается простотой и доступностью: орех кедровый, шелуха кедровых шишек, левзея софлоровидная, сахар в разных пропорциях. Однако, несмотря на видимую простоту рецептуры настойки, недостатком является многостадийность технологического процесса ее получения, который включает последовательное приготовление настоев кедрового ореха, шелухи кедровых шишек, левзеи, сахарного сиропа и их последующее купажирование. Следует также отметить, что, являясь количественно доминирующим в композиции ингредиентом, кедровый орех присутствует в настойке в количестве, мало отличающемся от приведенных выше бальзамов. В результате в настойке слабо выражен характерный аромат кедрового ореха. Таким образом, необходимо усовершенствовать рецептуру кедровой настойки и технологию приготовления.

Наиболее адекватной по технологической сущности является композиция "Кедрово-мёдный бальзам", включающая в себя кедровый орех, мёд и водно-спиртовую жидкость при различных соотношениях компонентов. Высокая концентрация кедрового ореха в композиции ингредиентов определяет её как профилактическое средство при использовании в ограниченных дозах.

Производство предложенного бальзама с использованием кедрового ореха и скорлупы состоит из следующих стадий: подготовка сырья и полуфабрикатов (включает в себя мойку), купажирование, фильтрование, выдержка и разлив (рис. 1):

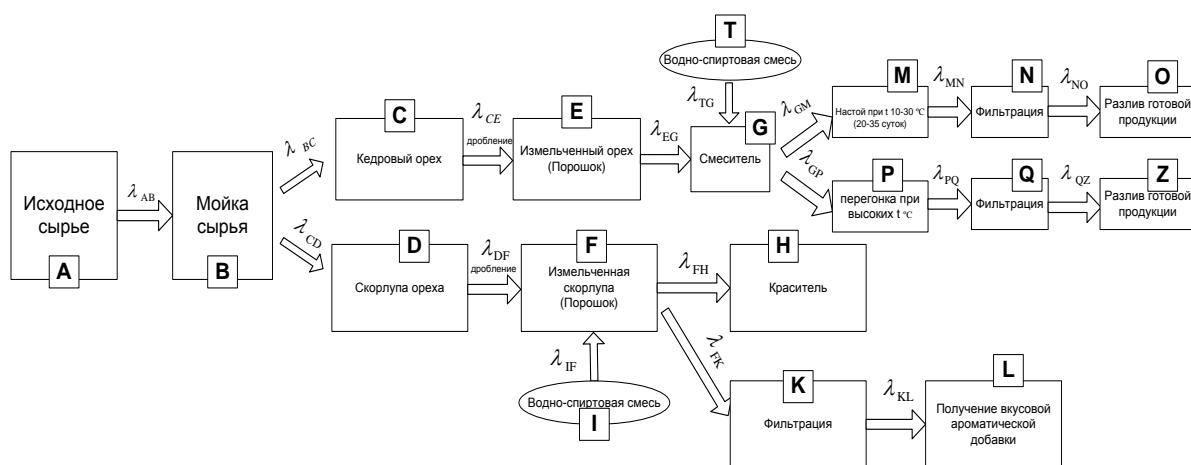


Рис. 1. Технологическая линия производства бальзама

При получении ароматного спирта растительное сырье измельчается в дробилках. Измельченное сырье загружается в экстракционный аппарат и заливается водно-спиртовым раствором. Затем добавляют мёд, смесь (купаж) выдерживается 20–30 суток при температуре 10–30 градусов. После выдержки смесь фильтруется в фильтр-прессе. Далее настойка направляется в напорные баки, из которых изделия через контрольные фильтры поступают в разливочный автомат. Этот процесс требует много времени и большого числа емкостей, но в конечном итоге получается качественный продукт без дополнительных операций в технологическом процессе производства продукта.

Напиток также можно получить путем перегонки (дистилляции) смеси (купажа). После конденсации паров получается жидкость с гораздо более высоким содержанием спирта, сопровождаемого нагревом.

Отходы от лущения ореха при производстве кедрового масла представляют собой смесь из скорлупы кедрового ореха, частично ядер кедрового ореха и их фрагментов, а также собственно мелкого нестандартного ореха, причем соотношение ядра ореха и его фрагментов к скорлупе не превышает 20%, преимущественно 5–15%, в зависимости от качестве исходного сырья. Поэтому для приготовления настойки целесообразно их использование в качестве вкусовой ароматизирующей добавки вместо кедрового ореха.

Также из скорлупы кедрового ореха можно получить красители, которые добавляются к пищевым продуктам для восстановления природной окраски, утраченной в процессе обработки или хранения, повышения интенсивности природной окраски и окрашивания бесцветных продуктов (например, безалкогольных напитков, мороженого, кондитерских изделий), а также для придания продуктам привлекательного вида и цветового разнообразия.

Отходы не представляют существенной ценности для пищевой промышленности и фактически не подвергаются вторичной переработке.

Оптимизация рецептур по ингредиентам позволяет достичь необходимый технический результат – получить настойку с улучшенными органолептическими свойствами: цвет прозрачный, темно-коричневый, ярко выраженный вкус и аромат, характерный для кедрового ореха со смолистыми тонами, крепость 40–50%. Настойка обладает тонизирующими свойствами за счет содержания в ней биологически активных веществ.

Предлагаемая композиция ингредиентов для настойки, в отличие от известных, не только сохраняет кедровый орех как ценное сырье пищевой промышленности, но и обеспечивает вторичную переработку ее отходов, что соответствует современным требованиям о функциональном питании населения на основе местного сырья.

Моделирование процесса обработки кедровых орехов на технологической линии для получения спиртовой настойки и вкусовой ароматической добавки выполним на основе теории переходных процессов [5]. Обозначим через  $M_B(t)$  – функцию состояния звена машины для мойки сырья;  $M_E(t), M_F(t)$  – состояния звеньев с дробильными машинами;  $M_G(t)$  – смеситель;  $M_N(t)M_Q(t)M_K(t)$  – фильтрующих элементов;  $M_O(t)$  – функцию состояния звена розлива. Введём интенсивности переходных процессов между звеньями. Например,  $\lambda_{BC}$  – производительность мойки, или  $\lambda_{TG}$  – скорость поступления водно-спиртовой смеси в смеситель и т.д.

Поставим задачу Коши (систему дифференциальных уравнений и начального условия), представляющую в первом приближении технологические процессы получения бальзама:

$$\begin{aligned} \frac{dM_B(t)}{dt} &= \lambda_{AB} \cdot M_A(t) - \lambda_{BC} \cdot M_C(t) - \lambda_{BD} \cdot M_D(t); \\ \frac{dM_C(t)}{dt} &= \lambda_{BC} \cdot M_B(t) - \lambda_{CE} \cdot M_C(t); \\ \frac{dM_D(t)}{dt} &= \lambda_{BD} \cdot M_C(t) - \lambda_{DF} \cdot M_D(t); \\ \frac{dM_E(t)}{dt} &= \lambda_{CE} \cdot M_C(t) - \lambda_{EG} \cdot M_E(t); \\ \frac{dM_G(t)}{dt} &= \lambda_{EG} \cdot M_E(t) + \lambda_{TG} \cdot M_T(t) - \lambda_{GM} \cdot M_G(t) - \lambda_{GP} \cdot M_G(t); \\ \frac{dM_F(t)}{dt} &= \lambda_{DF} \cdot M_D(t) - \lambda_{FH} \cdot M_F(t) - \lambda_{FK} \cdot M_F(t) + \lambda_{IF} \cdot M_I(t); \\ \frac{dM_K(t)}{dt} &= \lambda_{FK} \cdot M_F(t) - \lambda_{KL} \cdot M_K(t); \\ \frac{dM_M(t)}{dt} &= \lambda_{GM} \cdot M_G(t) - \lambda_{MN} \cdot M_M(t); \\ \frac{dM_P(t)}{dt} &= \lambda_{GP} \cdot M_G(t) - \lambda_{PQ} \cdot M_P(t); \\ \frac{dM_N(t)}{dt} &= \lambda_{MN} \cdot M_M(t) - \lambda_{NO} \cdot M_N(t); \\ \frac{dM_Q(t)}{dt} &= \lambda_{PQ} \cdot M_P(t) - \lambda_{QZ} \cdot M_Q(t). \end{aligned}$$

$M_A(0) = A_0, M_I(0) = I_0, M_T(0) = T_0$  и другие начальные данные.

Функции:  $M_A(t), M_B(t), M_C(t), M_D(t), M_E(t), M_F(t), M_I(t), M_G(t), M_K(t), M_L(t), M_M(t), M_P(t), M_N(t), M_Q(t), M_O(t), M_Z(t)$  – составляющие решение задачи Коши, моделируют динамику изменения объема сырья в звеньях технологической линии.

Для определения предельных значений составляющих звеньев приравняем правую часть дифференциальных уравнений к 0. В результате получим систему линейных алгебраических уравнений, которую решим с помощью пакета Maple (рис.2).

Для программной реализации обозначим: предельные значения функций состояния звеньев:  $M_E \ t \rightarrow ME$ ,  $M_F \ t \rightarrow MF$  и т.д. Интенсивности переходных процессов:  $\lambda_{BC} \rightarrow LBC$ ,  $\lambda_{TG} \rightarrow LTG$  и т.д.

```

restart;
sys := (LAB^4*MA-LBC^4*MC-LBD^4*MD=0, LBC^4*MC-LCE^4*ME=0, LBD^4*MD-LDF^4*MF=0, LCE^4*ME-LEG^4*LE=0, LEG^4*LE-LTG^4*LT=0, LGF^4*LG-LGH^4*HG=0,
LDF^4*MD-LFH^4*FM-LFK^4*MK=0, LFK^4*MK-LKL^4*KL=0, LGH^4*HG-LHO^4*HO=0, LHM^4*HM-LHQ^4*HQ=0, LPQ^4*HQ-LQZ^4*HQ=0):
per := (MB, MC, MD, ME, MG, MF, MH, HK, HM, HQ):
q:=solve(sys,per);
q[1],q[2],q[3],q[4],q[5],q[6],q[7],q[8],q[9],q[10],q[11];

```

$$MQ = \frac{LQP(LBC LDF LTO MT + LBD^2 LTO MT + LCB LDF LAB MA)}{LQZ(LBD^2 LOM + LBD^2 LOP + LBC LDF LOM + LBC LDF LOP)}$$

$$MK = \frac{LFK(LBD^2 LIP MI + LBD LDP LAB MA + LBC LDF LIP MI)}{LKL(LBD^2 LPH + LBC LDF LPH + LBC LDF LFK + LBD^2 LPK)}$$

$$MB = \frac{LBD LDP LAB MA}{LBD(LBD^2 + LBC LDP)}$$

$$MG = \frac{LGM(LBC LDF LTO MT + LBD^2 LTO MT + LCB LDF LAB MA)}{LNO(LBD^2 LOM + LBD^2 LOP + LBC LDF LOM + LBC LDF LOP)}$$

$$MD = \frac{LBD LAB MA}{LBD^2 + LBC LDP}$$

$$MF = \frac{LQP(LBC LDF LTO MT + LBD^2 LTO MT + LCB LDF LAB MA)}{LPQ(LBD^2 LOM + LBD^2 LOP + LBC LDF LOM + LBC LDF LOP)}$$

$$MG = \frac{LGM(LBC LDF LTO MT + LBD^2 LTO MT + LCB LDF LAB MA)}{LMN(LBD^2 LOM + LBD^2 LOP + LBC LDF LOM + LBC LDF LOP)}$$

$$MN = \frac{LBC LDF LTO MT + LBD^2 LTO MT + LCB LDF LAB MA}{LBN(LBD^2 LOM + LBD^2 LOP + LBC LDF LOM + LBC LDF LOP)}$$

$$MH = \frac{LBD^2 LIP MI + LBD LDP LAB MA + LBC LDF LIP MI}{LBD^2 LPH + LBC LDF LPH + LBC LDF LFK + LBD^2 LFK}$$

$$MH = \frac{LBD^2 LOM + LBD^2 LOP}{LBC LDF LAB MA}$$

$$MH = \frac{LBD^2 + LBC LDF}{LBC LDF LAB MA}$$

Рис. 2. Вычисления предельных состояний звеньев

При значениях загружаемой массы сырья  $M_A=340$  кг, водно-спиртовой смеси  $M_T=920$  и  $M_l=610$  кг, а также при интенсивностях  $\lambda_{CE} = 4$ ,  $\lambda_{BC} = 1.5$ ,  $\lambda_{DF} = 2$ ,  $\lambda_{AB} = 3$ ,  $\lambda_{EG} = 1.2$  зависимости состояния звеньев B, C, D, E от интенсивностей  $\lambda_{AB}$ ,  $\lambda_{BD}$  имеют вид (рис. 3-6):

$$M_C = \frac{680\lambda_{AB}}{3 + \lambda_{BD}^2},$$

$$M_D = \frac{340\lambda_{BD}\lambda_{AB}}{3 + \lambda_{BD}^2},$$

$$M_E = \frac{2266.6\lambda_{AB}}{3 + \lambda_{BD}^2},$$

$$M_E = \frac{1813.33\lambda_{AB}}{3 + \lambda_{BD}^2}.$$

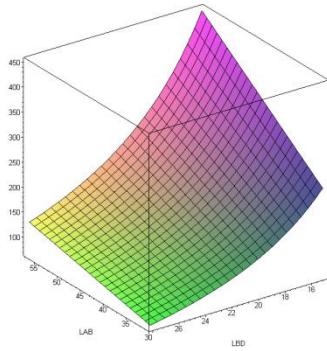


Рис 3. Предельное состояние звена «Мойка сырья»

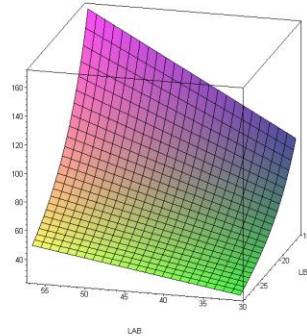


Рис 4. Предельное состояние звена «Кедровый орех»

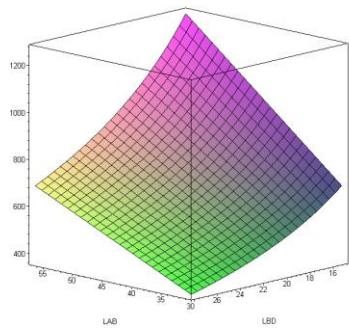


Рис. 5. Предельное состояние звена «Скорлупа ореха»

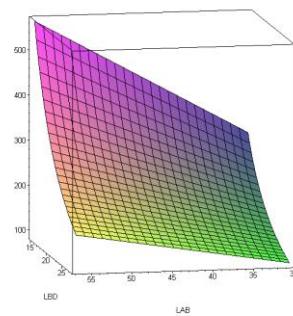


Рис. 6. Предельное состояние звена «Измельченный порошок»

Методом вычислительного эксперимента установлено, что при загружаемой массе сырья, составляющей 1870 кг, удельный вес звена Е составляет 30,2 %; для звена В – 24,15; для звена D – 67,94; для звена С – 9,05%.

### Выводы

1. Обоснована целесообразность проектирования технологической линии обработки кедрового ореха на основе аппарата переходных процессов, регулирующих функциональность конечного продукта.
2. Разработанная модель получения кедрово-медового бальзама и пищевого красителя и расчётная схема определения предельных состояний системы позволяют планировать производительность в зависимости от интенсивности потоков и начальных объемов загружаемого сырья.

### Литература

1. Силин В.Е. Разработка спиртосодержащих функциональных продуктов из семян кедровой сосны сибирской // Технология и продукты здорового питания: сб. ст. VI Междунар. науч.-практ. конф.– Саратов: Изд-во Саратов. гос. аграр. ун-та, 2011.
2. Силин В.Е. Экстракционная установка для получения спиртосодержащей настойки из кедрового ореха сосны сибирской // Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики: тр. III Всерос. науч.-практ. конф. – Саратов: Изд-во Саратов. гос. аграр. ун-та, 2011.
3. Формирование научно-исследовательской системы аналитического мониторинга и моделирования; электронная монография / Н.В. Цугленок [и др.]; под общ. ред. Н.В. Цугленка. – Красноярск: Изд-во ФГУП НТЦ "Информрегистр", 2010. – 319 с.
4. Моделирование научно-технологических программ развития АПК / Н.В. Цугленок, [и др.]; под общ. ред. проф. Н.В. Цугленка. – Красноярск: Изд-во ФГУП НТЦ "Информрегистр", 2010. – 838 с.
5. Вентцель Е.С., Овчаров А.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учеб. пособие для вузов. – Изд. 2-е, стер. – М.: Высш. шк., 2000. – 383 с.

