

"Сейфуллин оқулары– 14: Жастар, ғылым, инновациялар: цифрландыру - жаңа даму кезеңі » атты Республикалық ғылыми-теориялық конференциясының материалдары = Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 14: Молодежь, наука, инновации: цифровизация - новый этап развития». -2018. - Т.1, Ч.1 - С.313-316

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА ВАРЕННЫХ КОЛБАС ИЗ КОМБИНАЦИИ МЯСА КОНИНЫ И ГОВЯДИНЫ

Жумашев Т.М., Валишина Г. Л.

Обладая рядом полезных свойств, цистанхе – многолетнее травянистое растение, успешно применяется как афродизиак, используется в пищевой промышленности и в косметологии, а также для лечения многих заболеваний. Ценный ряд лечебных свойств цистанхе (антиоксидантных, противовоспалительных, иммуностимулирующих, нейропротекторных) подтвердили многочисленные исследования, которые проводились учеными в Китае и Японии. Производные фенолов, в частности активные вещества эхиакозиды, ацетозиды и цистанозиды оказывают антиоксидантное, противовоспалительное и протекторное воздействие. Иммуностимулирующую активность растения обуславливают олигосахариды в составе. В условиях эксперимента на грызунах также доказана способность экстракта цистанхе стимулировать регенерацию печени при действии гепатотоксинов, а также клеток костного мозга вследствие экспериментального облучения. Цистанхе способствует улучшению когнитивных функций (концентрации внимания и умственной активности), оказывает общее тонизирующее действие, произрастает в Жамбылской области.

Метод ортогонального композиционного планирования эксперимента позволяет осуществить расчет рецептур и оптимизацию рецептурного состава. Планирование поддерживается специальным пакетом программ, которые позволяют получить результаты в виде поверхностей отклика канонических кривых. Точность результатов полученных с использованием вышеуказанного способа и экспериментальных практических результатов соответствует, однако следует отметить существенный недостаток – большое множество кривых определяющих количество компонентов рассчитываемой рецептуре в зависимости от количества сырья и технологических параметров.

Существует более упрощенный и близкий к разработанному математический метод расчета состава кондитерского изделия и рабочих рецептур по унифицированным рецептурам. Кроме того этот метод поддерживает компьютерная программа, состоящая из трех связанных между собой расчетных частей: 1) расчет кондитерских рецептур; 2) контроль расхода сырья; 3) расчет химического состава и энергетической ценности кондитерских продуктов по рассчитанным рецептурам [1, 2].

Прототип программы позволяет рассчитать как однофазные, так и многофазные рецептуры различных кондитерских изделий. Результаты

расчетов выдаются в виде ряда таблиц по отдельности для каждой фазы и для готового изделия. Кроме того, прототип позволяет производить замену того или иного сырья.

Данная компьютерная программа по расчету количественно – качественного состава рецептур кондитерских изделий позволяет получить точные результаты и рекомендации не только в виде таблиц, но и в виде сравнительных диаграмм.

Возможности предлагаемой программы это расчеты: а) однофазных и многофазных рецептур кондитерских изделий; б) рецептур с нетрадиционным сырьем или с полной (частичной) заменой; в) расчет и сравнительный анализ химического состава и энергетической ценности кондитерских продуктов по рассчитанным рецептурам.

Программа содержит базу данных кондитерского сырья, его химического состава и требования к продукту по сбалансированному питанию. База данных может быть восполнена по мере необходимости новыми компонентами и требованиями к химическому составу готовых изделий от направленности продукта, а именно лечебно-профилактическое, профилактическое, диетическое [3].

Учитывая задаваемые при разработке пищевых продуктов ограничения на количественное содержание компонентов (их сумма принята за единицу) и допустимые отклонения значений массовых долей нутриентов от эталонных, для моделирования рецептур предложено использовать функцию Лагранжа и систему уравнений в виде условий теоремы Куны-Таккера для задачи выпуклого программирования. Ее решение позволяет получить вектор x - массовых долей рецептуры, максимально сбалансированной по нутриентному составу.

Моделирование наиболее сбалансированной рецептуры не всегда определяет наивысшее качество готового продукта питания, поэтому для его разработки в большинстве случаев требуется не один, а достаточно широкий набор вариантов состава рецептурной композиции. С этой целью предложено разделить процесс ее оптимизации на два этапа. Первый – моделирование рецептуры как определение всех возможных вариантов количественного соотношения входящих в нее ингредиентов. Второй – качественная оценка и выбор нескольких наиболее оптимальных ее вариантов.

В качестве обобщенного критерия оценки качества моделируемой рецептуры использована функция желательности Харрингтона, которая обеспечивает независимость свойств частных показателей, обладающих различной размерностью и диапазоном варьируемых значений, при этом позволяет свести в одну формулу относительные комплексные и простые единичные критерии качества [4]:

$$Y = \sqrt[k]{\prod_{i=1}^k P_i}, \quad (1)$$

где Y – комплексный критерий качества, P_i – частные критерии (функции) качества.

При оптимизации рецептур пищевых продуктов питания, как правило, целесообразным является применение функции желательности, использующий двухстороннее ограничение:

$$p_i = \exp(-|y_i|, |n_i|). \quad (2)$$

$$y_i = \frac{2C_i - (L_{i \max} + L_{i \min})}{L_{i \max} - L_{i \min}}, \quad (3)$$

где C_i – массовая доля i -го нутриента (пищевого вещества) в исследуемой рецептуре; $L_{i \min}$, $L_{i \max}$ границы значений эталона i -го пищевого вещества; параметр n_i определяет характеристику кривой (3), при $n_i \neq 0$ кривая принимает прямоугольную форму.

При моделировании рецептуры для каждого компонента предварительно формируются возможные значения его массовой доли в готовом продукте. Представим их в виде векторов с различным количеством элементов:

$$\overline{M}_j (m_{j1}, m_{j2}, \dots, m_{jn}), \quad (4)$$

где \overline{M}_j – вектор возможных массовых долей компонента j ; m_{j1}, m_{jn} – границы интервала количественного содержания ингредиента j в рецептуре.

С учетом (4) задача моделирования рецептур поликомпонентных продуктов решается с помощью поиска возможных вариантов сумм, с участием всех элементов векторов:

$$S_i = m_{i1}k + m_{i2}l + \dots + m_{in}z \quad (5)$$

где S_i – вариант i -ой суииты атрибутов из всех векторов; m_{ik} – k -ый атрибут вектора \overline{M}_1 массовых долей первого компонента; m_{i2} – атрибут с индексом 1, принадлежащий вектору \overline{M}_2 ; m_{in} – атрибут n вектора \overline{M}_z ; z – количество векторов

Для решения поставленной задачи предложено использовать рекурсию, развернутую в цикл. Сформулирована зависимость следующего вида для i -го уровня рекурсивного цикла (каждый уровень соответствует числу включенных на данном этапе в процесс моделирования компонентов):

$$S_{ij} = S_{(i-1)q} + m_{iq}, \quad (6)$$

где m_{iq} – вариант q массовой доли i -го компонента (вектора); $S_{(i-1)q}$ – сумма q -го порядка уровня $(i-1)$; S_{ij} – j -ая сумма текущего уровня цикла; $j = \overline{0, (r-1)}$, r – количество всех возможных вариантов сумм массовых долей элементов (слагаемых) уровня i ; $i = \overline{0, (z-1)}$, где z – количество компонентов (векторов) в моделируемой рецептуре; $q = \overline{0, (k-1)}$, где k – количество всех возможных вариантов сумм массовых долей элементов уровня $i-1$; $q = \overline{0, (h-1)}$, где h – количество всех возможных значений массовой доли компонента (вектора) i .

Выражение (6) позволяет реализовать рекурсивный цикл, суть которого заключается в следующем. На первом его уровне определяются возможные варианты всех сумм двух первых векторов \overline{M}_1 и \overline{M}_2 которые сохраняются в S_{ij} . На втором уровне в S_{ij} записываются все варианты всех сумм элементов вектора $S(i-1)$ и третьего вектора \overline{M}_3 . Последний уровень цикла определяет S_{ij} как, массив, содержащий суммы элементов векторов $S(z-2)$ и \overline{M}_z . По завершению цикла массив S_{ij} содержит значения всех допустимых вариантов сумм элементов z вектора.

Существенного снижения количества операций и числа участвующих в них элементов в процессе моделирования можно добиться за счет проверки на каждом уровне рекурсивного цикла условия:

$$e_{z-1} \leq 1 - S_{ij} \leq E_{z-1} \quad (7)$$

где $e_{z-1} = \prod_{s=i+1}^{z-1} m_{s_{\min}}$; $E_{z-1} = \prod_{s=i+1}^{z-1} m_{s_{\max}}$ - минимальная массовая доля компонента s ; $m_{s_{\max}}$ - максимальная массовая доля компонента s ; z – количество компонентов в рецептуре.

Получение отдельного варианта рецептуры сводиться к нахождению выражения (7) последнего уровня рекурсивного цикла, удовлетворяющего условию, согласно которому сумма всех компонентов продукта при любом варианте его исполнения должна быть равной единице:

$$S(z-1) = S(z-2)a + m(z-1)g = 1, \quad (8)$$

где $m(z-1)g$ – массовая доля последнего компонента в новой рецептуре.

Обратной переход от верхнего уровня цикла к крайнему нижнему, позволяет поэтапно составить компонентный состав моделируемой рецептуры. Затем для каждой рецептуры рассчитываются частные критерии желательности Харрингтона.

Предложения методика оптимизации пищевых рецептов, расчета частных и интегральных показателей желательности, формирования расчетных критериев для комплексных эталонов, послужила теоретической базой для построения алгоритмов разработанного программного комплекса.

Список литературы

1. Валишина Г.Л., Сванбаев А, Абимульдина С. Вестник Алматинского технологического университета выпуск 4, 2017 г., С. 44-50.
2. Валишина Г.Л. Программные средства в пищевой промышленности// Нур – принт , 2010 г., С. 108.
3. Покровский А.А. О биологической и пищевой ценности продуктов питания. // Вопросы питания. – 1975. - №3. - С.18-20.

4. Galiya Tumenova, Zhulduz Suleimenova, Gulnur Nurimkhan and Botagoz Toxanbayeva Journal of Engineering and Applied Sciences 11 (5): 1147-1150, 2016. Medwell Journals, 2016. (Scopus, Index SJR 0,254) Utilization of Poultry Skin as One of the Components for Emulsion-Based Products.