

Полезные свойства козьего молока значимы для жизни человека, преимущественно для растущего поколения и людей преклонного возраста.

Высокая питательность козьего молока выражена не только аминокислотным составом, но и большим содержанием в нём кальция, фосфора, кобальта, витаминов А, В, С и D, поэтому оно является хорошей альтернативой коровьему молоку.

Козье молоко в своём составе имеет меньшее количество лактозы (молочного сахара), чем коровье, поэтому оно не вызывает диареи и подходит тем, у кого плохо усваивается лактоза.

Молоко козы имеет значительно более низкие уровни альфа-s1-казеин, что обуславливает его гипоаллергенные свойства и является одной из причин по которой оно может лучше переноситься некоторыми людьми.

Творог из козьего молока имеет ряд достоинств, например, повышенное содержание в нём сбалансированного белка – казеина, который отлично восполняет суточную потребность организма в нём.

Желание разнообразить ассортимент молочного рынка способствует производству продукции с разными вкусами. В частности, использование облепихи позволяет получить продукт с высокой пищевой и биологической ценностью.

Облепиха – прекрасное растение, обладающее лечебно-профилактическими свойствами и известное по всему миру. В ней содержится большое число витаминов и других биологически активных веществ, причем вещества эти сочетаются таким образом, что значительно усиливают действие друг друга.

Плоды и листья облепихи богаты витамином С. Содержатся органические кислоты – яблочная кислота, щавелевая, винная и янтарная от 1 до 4 %. Сахаров в облепихе сравнительно немного – не более 5–6 %.

Сок облепихи оказывает бактерицидное действие на многих инфекционных возбудителей, стимулирует производство пищеварительных ферментов и желчи.

Уникальные полезные свойства облепихи в сочетании с молочным продуктом принесут не только удовольствие от вкусного десерта, но и окажут положительное влияние на общее состояние организма.

Ягоды облепихи измельчить в блендере, добавив мед или сахар. Отдельно взбить творог. Затем ингредиенты соединить, хорошо перемешать, упаковать и опрavitить на хранение и реализацию.

Подобрана рецептура на «Творожный десерт с облепихой», определено соотношение компонентов на 1000 кг продукции. На производство 600 кг творога будет затрачиваться 3000 л молока-сырья.

Таблица 1. Рецептура творожного десерта

Название молочной продукции	
Компоненты:	Творожный десерт
Творог	600 кг
Облепиха	350 кг
Сахар песок	50 кг
<b>Итого:</b>	<b>1000 кг</b>

В ходе проведения дегустации сделан вывод, что разрабатываемый творожный десерт имеет достаточно выраженный кисломолочный, в меру сладкий, свойственный наполнителю вкус и запах, кремообразную консистенцию, нежно-оранжевый цвет.

Облепиха существенно улучшает здоровье и укрепляет иммунитет, если употреблять ее регулярно. Поэтому в сезон простуд очень желательно включить ягоду в свой рацион. Так же специфический запах облепихи поможет нивелировать запах козьего творога, что может привлечь потребителя.

УДК 637.531.45

**Груданов В.Я., доктор технических наук, профессор,  
Торган А.Б., кандидат технических наук, доцент, Атрощик М.Д.**  
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

## **ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НОЖЕВЫХ РЕШЕТОК ЭМУЛЬСИТАТОРА**

На мясоперерабатывающих предприятиях в настоящее время наибольшее применение нашли эмульсаторы немецкой фирмы KARL SHNELL, получившей всемирную известность в пищевой промышленности.

Машины этого немецкого машиностроительного предприятия отличаются традиционной надежностью и постоянными инновациями с целью разработки и создания экономичных аппаратов высокого качества, адаптированных к конкретным технологическим задачам. В настоящее время фирма KS концентрирует свою деятельность на производстве машин и установок для промышленной переработки мясопродуктов, питания животных, деликатесных продуктов, изделий из плавленого сыра и кондитерских изделий [1].

Режущий механизм KS состоит из ножевой головки с 2-мя сменными лезвиями, вращающейся вместе с валом двигателя, и сменной измельчительной решетки, закрепленной неподвижно в режущем корпусе. Благодаря возможности осевой регулировки интервала между ножевыми вставками и измельчительной решеткой можно регулировать производительность, температуру и степень измельчения продукта. Применяются также ножевые головки с 3-мя и 6-ю сменными лезвиями (вставками).

В стандартной опции машины KS входят: 1. Система резки: две ножевые головки (3 или 6 лезвиевые); две заменяемые решетки от 0,5 до 18 мм; регулировочная гайка; двухлопастной выбрасыватель; 2. Микропроцессорное управление; 3. Контроль температуры продукта; 4. Откидная разгрузочная труба; 5. Отдельный пульт управления; 6. Откидная решетка на приемной воронке. Дополнительно могут быть поставлены: 1. Коллоидная головка; 2. Металлоуловитель;

Технические данные эмульсаторов фирмы KARL SHNELL приведены в таблице 1.

Таблица 1. Технические данные эмульсаторов фирмы KS

Модель эмульсатора	Диаметр режущего блока, мм	Объем воронки, л	Число оборотов, об/мин	Мощность двигателя, кВт	Производительность, кг/ч	Масса, кг
FD 225/100	225	165	2975	74	3500	960
FD 225/130	225	165	2960	95	4500	1020
FD 225/140	225	165	2950	107	5500	1050
FV 175/30	175	30	1450/2900	7,5/10	*	500
FV 175/100	175	100	1450/2900	7,5/10	*	950
FV 175/160	175	160	1450/2900	7,5/10	*	1150
F28/F46/F75/F100/KBFG	200/248/320	80-150	2880	21-74	1800-400	570-735
Настольный эмульсатор	86	30	5700	5,5	90-800	85
F/F18/F25	150/200	50	2880	7-18	800-1800	100-210

\* – производительность зависит от вида сырья, степени измельчения и диаметра отверстий решеток.

Как видно из таблицы 1 наружный диаметр ножевых решеток изменяется от 86 до 225 мм; диаметр отверстий перфорации ножевых решеток изменяется от 0,5 до 18 мм., а их количество – от 90 до 6000 шт., при этом ножевые головки могут иметь 2, 3 и 6 лезвий(вставок). Анализ конструкции режущего механизма фирмы KS и изучение опыта эксплуатации эмульсаторов этой фирмы на промышленных предприятиях, в частности, на Ошмянском мясокомбинате, свидетельствуют о наличии существенных недостатков в конструкции ножа и ножевых решеток, основные из которых сводятся к следующему:

– при уменьшении диаметра отверстий и увеличении их количества проходное (живое) сечение ножевой решетки уменьшается, что снижает производительность, ухудшает качество продукта и увеличивает удельные энергозатраты;

– ножевые решетки, входящие в стандартный комплект машины имеют одинаковую толщину равную 10 мм., а это означает, что в процессе измельчения сырья каждая ножевая решетка имеет различное гидравлическое сопротивление, причем с уменьшением диаметра отверстий и увеличении их количества гидравлическое сопротивление решетки возрастает, что приводит к резкому увеличению энергозатрат вплоть до остановки машины.

Так, например, расчеты показывают:

– при диаметре отверстий  $d_o=10$  мм. в ножевой решетке с наружным диаметром  $D_n = 200$ мм. и количестве отверстий  $Z_o = 90$  коэффициент пропускной способности  $K = 0,248$ ;

– при  $d_o = 5$  мм.;  $Z_o = 362$  шт. и  $D_n = 200$ мм.;  $K = 0,227$ ;

– при диаметре отверстий  $d_o = 1,2$  мм. в ножевой решетке с наружным диаметром  $D_n = 200$ мм и количестве отверстий  $Z_o = 5422$  шт., коэффициент пропускной способности  $K = 0,195$ .

Коэффициент пропускной способности характеризует степень использования рабочей площади ножевой решетки и определяется как отношение суммарной площади отверстий к общей площади ножевой решетки [2], т.е.

$$K = \frac{\sum f_o}{F_p} \quad \text{или} \quad K = \frac{f_o z_o}{F_p}, \quad (1)$$

где  $\sum f_o$  – площадь отверстий, мм<sup>2</sup>;  $Z_o$  – количество отверстий, шт.;  $F_p$  – площадь ножевой решетки.

С другой стороны, техническая производительность машины определяется по формуле

$$Q_T = S v_o \rho_c \psi_o, \quad (2)$$

где  $Q_T$  – техническая производительность эмульсатора кг/ч;  $S$  – площадь проходного (живого) сечения ножевой решетки, м<sup>2</sup>;  $v_o$  – скорость продвижения сырья через отверстия ножевой решетки, м/с;  $\rho_c$  – плотность сырья кг/м<sup>3</sup>;  $\psi_o$  – коэффициент использования площади отверстий ножевой решетки ( $\psi_o = 0,8 \dots 0,9$ ).

Ножевые решетки входящие в стандартный комплект режущих инструментов эмульсатора, должны иметь равное проходное (живое) сечение между собой, независимо от диаметра отверстий и их количества, при этом геометрические параметры ножевых решеток необходимо связать определенными соотношениями.

Рассмотрим комбинацию из трех ножевых решеток №1, №2 и №3.

Определяем проходное сечение решетки № 1.

$$S_1 = f_1 Z_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} Z_1; \quad (3)$$

Определяем проходное сечение решетки №2.

$$S_2 = f_2 Z_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} Z_2; \quad (4)$$

Определяем проходное сечение решетки №3.

$$S_3 = f_3 Z_3 = \frac{\pi d_3^2}{4} Z_3. \quad (5)$$

По условию  $S_1 = S_2 = S_3$

$$\frac{\pi d_1^2}{4} Z_1 = \frac{\pi d_2^2}{4} Z_2 = \frac{\pi d_3^2}{4} Z_3; \quad (6)$$

или

$$d_1^2 Z_1 = d_2^2 Z_2 = d_3^2 Z_3; \quad (7)$$

$$Z_2 = \frac{d_1^2 Z_1}{d_2^2} = Z_1 \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2; \quad (8)$$

и

$$Z_3 = \frac{d_1^2 Z_1}{d_3^2} = Z_1 \left( \frac{d_1}{d_3} \right)^2; \quad (9)$$

Окончательно получаем

$$Z_{n+1} = \left[ Z_n \left( \frac{d_n}{d_{n+1}} \right)^2 \right]. \quad (10)$$

где  $n$  – порядковый номер ножевой решетки;  $d$  – диаметр отверстий в ножевой решетке;  $Z$  – количество отверстий в ножевой решетке, а квадратные скобки обозначают целую часть числа.

Таким образом, определение геометрических параметров одной решетки через геометрические параметры другой позволяет получить одинаковое проходное (живое) сечение решеток, входящих в стандартный комплект режущих инструментов.

**Гидравлический расчет ножевых решеток.** Определение потерь напора или давления является практически важной задачей, связанной с расчетом энергии, которая необходима для перемещения измельчаемого сырья через перфорированную ножевую решетку.

При движении измельчаемого сырья в рабочей камере эмульсатора с учетом потери энергии на преодоление гидравлического сопротивления ножевой решетки уравнение движения среды по закону Бернулли будет иметь следующий вид

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g} + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} = H_{\text{пот}}, \quad (11)$$

где  $P_1, P_2$  – давление среды соответственно до и после ножевой решетки, Па;  $V_1, V_2$  – скорость сырья соответственно до и после ножевой решетки м/с;  $\rho$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;  $H_{\text{пот}}$  – потери энергии (напоре) на данном участке рабочей камеры, Па. Линейные потери напора в Па определяются по формуле:

$$H_{\text{л}} = \lambda \frac{l_o}{d_o} \frac{V^2}{2} \rho, \quad (12)$$

где  $\lambda$  – коэффициент трения;  $l$  – толщина отверстий перфорации ножевой решетки, м;  $d_o$  – диаметр отверстий перфораций ножевой решетки, м;  $V$  – скорость движения сырья в отверстиях, м/с.

Величина потерь напора на преодоление местных сопротивлений в Па пропорционально скоростному напору и плотности сырья и определяется как

$$H_{\text{м}} = \sum \xi \frac{V^2}{2} \rho, \quad (13)$$

где  $\xi$  – безразмерный коэффициент местного сопротивления.

При прохождении через ножевую решетку сырье вначале испытывает внезапное сужение, а затем – внезапное расширение – местные сопротивления. Таким образом, общие потери давления в рабочей камере можно определить как сумму линейных и местных потерь давления транспортируемого потока сырья

$$H_{\text{пот}} = H_{\text{л}} + H_{\text{м}}, \quad (14)$$

Однако, как показывают расчеты, даже при постоянном значении проходного (живого) сечения с уменьшением диаметра отверстий при увеличении их количества, резко возрастает гидравлическое сопротивление решетки, которое складывается из местных и линейных потерь. Линейные потери в основном определяются длиной отверстия, которая является толщиной решетки. В стандартном комплекте режущих инструментов эмульсаторов все решетки имеют одинаковую толщину. В этом случае потери давления (линейные)  $H_{\text{л}}$  можно существенно снизить за счет уменьшения толщины ножевой решетки: при увеличении числа отверстий толщина решетки должна уменьшиться.

Для определения оптимальной толщины решетки проведем следующие вычисления, исходя из условия  $H_{\text{л}}^1 = H_{\text{л}}^2 = H_{\text{л}}^3 = \dots$  или  $H_{\text{л}}^n = H_{\text{л}}^{n+1} = H_{\text{л}}^{n+2} = \dots$

где  $n$  – порядковый номер ножевой решетки, считая от решетки с самыми крупными отверстиями

Для первой решетки

$$H_{\text{л}}^1 = \lambda_1 \frac{l_1}{d_1} \frac{V_1^2}{2} \rho_1 Z_1, \quad (15)$$

Для второй решетки

$$H_n^2 = \lambda_2 \frac{l_2}{d_2} \frac{V_2^2}{2} \rho_2 Z_2, \quad (16)$$

Принимаем

$$l_{n+1} = l_n \frac{d_{n+1}}{d_n} \frac{Z_n}{Z_{n+1}}, V_1 = V_2 \text{ и } \rho_1 = \rho_2, \quad (17)$$

Тогда

$$H_n^1 = H_n^2, \quad (18)$$

и

$$\frac{l_1}{d_1} Z_1 = \frac{l_2}{d_2} Z_2, \quad (19)$$

где  $Z_1$  и  $Z_2$ - количество отверстий соответственно в первой и второй решетках,

$$\text{или } l_1 \frac{Z_1}{Z_2} = l_2 \frac{d_1}{d_2}, \quad (20)$$

$$l_2 = l_1 \frac{d_2}{d_1} \frac{Z_1}{Z_2}. \quad (21)$$

В общем виде

$$l_{n+1} = l_n \frac{d_{n+1}}{d_n} \frac{Z_n}{Z_{n+1}}. \quad (22)$$

Таким образом, новую толщину ножевой решетки можно определить в зависимости от первоначальной толщины, количества новых отверстий и с учетом нового диаметра отверстий и в этом случае все решетки, входящие в стандартную комплектацию, будут иметь равное между собой гидравлическое сопротивление по линейным потерям давления.

Используя формулы (21) и (22) можно определить оптимальные параметры новых ножевых решеток, входящих в комплект режущих инструментов эмульсатора, которые представлены в таблице 2.

Из данных таблицы 2 видно, что новые ножевые решетки при диаметрах отверстий 10, 5 и 1,2 мм имеют одинаковое проходное (живое) сечение при  $K = \text{const}$  по сравнению с серийными, для которых  $K \neq \text{const}$ .

Таблица 2. Конструктивные параметры ножевых решеток

№ п/п	Параметр	Обозначение	Серийные решетки			Новые решетки		
			10	5	1,2	10	5	1,2
1	Наружный диаметр решетки, мм.	$D_H$	200			200		
2	Общая площадь решетки, мм <sup>2</sup> .	$F_P$	314000			314000		
3	Диаметр отверстий, мм.	$d_o$	10	5	1,2	10	5	1,2
4	Количество отверстий, шт.	$Z_o$	90	362	5422	90	397	6887
5	Площадь проходного (живого) сечения, мм <sup>2</sup> .	$S$	77851	71092	61290	77851	77910	77859
6	Коэффициент пропускной способности решетки	$K$	0,248	0,227	0,195	0,248	0,248	0,248
7	Толщина ножевых решеток, мм.	$b$	10	10	10	10	5	3

Кроме того, уменьшение толщины у новых решеток с 10 мм до 5 мм и до 3 мм. соответственно обуславливает равенство их гидравлических сопротивлений по линейным потерям давления. Новые ножевые решетки обеспечивают одинаковую производительность эмульсатора.

**Заключение.** Предложена новая теоретическая формула для расчета геометрических параметров ножевых решеток, входящих в комплект стандартного набора режущих инструментов: данная формула позволяет рассчитывать параметры перфорации одной решетки в зависимости от характеристик другой, что позволяет получить одинаковое проходное (живое) сечение для всего комплекта ножевых решеток. Выполнен гидравлический расчет ножевых решеток и впервые выведена формула для расчета толщины ножевой решетки в зависимости от диаметра и количества отверстий перфорации: формула позволяет подравнять гидравлические сопротивления ножевых решеток, входящих в стандартный набор режущих инструментов.

Список использованной литературы

1. Ивашов, В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности: учебное пособие: в 2 ч. / В.И. Ивашов. – СПб.: ГИОРД, 2007. – Ч. 2: Оборудование для переработки мяса. – 464 с.
2. Груданов, В.Я. Мясорубка с новым режущим инструментом./ В.Я. Груданов, Г.И. Белохвостов // Питание и общество. – 1994. – №3. С. 32–36.

УДК 637.513.48

**Груданов В.Я., доктор технических наук, профессор,  
Бренч А.А., кандидат технических наук, доцент**  
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖУЩЕГО МЕХАНИЗМА  
ЭМУЛЬСИТАТОРА**

Для тонкого измельчения мясного сырья при производстве колбасных изделий в ряде случаев применяются эмульситадоры. Данные машины оснащены режущим механизмом, состоящим из вращающейся с валом двигателя ножевой головки, оснащенной 3-мя или 6-ю сменными лезвиями (вставками) и решеткой, закрепляемой в корпусе режущей камеры. [1]

В работе эмульситадоров часто наблюдается ухудшение качества отрезания и затаскивание пленок и волокон в образующийся между ножом и решеткой зазор: необходимо постоянное плотное прилегание вращающихся ножей к плоскостям решеток, что в свою очередь приводит к более интенсивному износу трущейся пары и к снижению эксплуатационной надежности машины.

При скользящем резании сопротивление перерезанию волокон и стенок клеток продукта уменьшается с возрастанием угла скольжения. Однако, в системе «нож-решетка» необходимо использовать не только законы скользящего резания, но и максимальную длину режущей кромки лезвия.

В предлагаемой конструкции ножа режущая кромка лезвия проходит по касательной к внутренней окружности посадочного отверстия решетки  $R_{\text{вн}}$ . В этом случае длина режущей кромки лезвия ( $l_1$ ) будет максимальной, а коэффициент скольжения  $K_{\beta}$  – наибольшим.

Таким образом, расположение режущей кромки лезвия наклонно по касательной к внутренней окружности посадочного отверстия  $R_{\text{вн}}$  ножевой решетки позволяет получить наибольшую длину лезвия и, как следствие, создать наилучшие условия для скользящего резания и процесса измельчения в целом.

В предлагаемой конструкции оптимальная длина режущей кромки лезвия ножа определяется по формуле

$$l_1 = \sqrt{b^2 + 2R_{\text{н}}(R_{\text{н}} - b)}$$

где  $b$  – ширина кольца (рабочей поверхности решетки).

Получено уравнение, которое позволяет определить затраты мощности, зная реологические характеристики измельчаемого продукта и геометрические параметры режущей пары, что дает возможность интенсифицировать процесс для создания оптимальных условий тонкого измельчения мясного сырья в эмульситадорах [1,3].

Режущие кромки лезвий ножа выполнены наклонно по касательной к внутреннему радиусу ножевой решетки и имеют максимальную длину, что обеспечивает высококачественный процесс скользящего резания [2].