

7. Ловкис, З.В. Картофель и картофелепродукты: наука и технология / З.В. Ловкис, В.В. Литвяк, Н.Н. Петюшев, И.М. Почицкая; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». – Минск: Беларуская навука, 2008 г. – 537 с.

8. Литвяк, В.В. Картофель и технологии его глубокой переработки / В.В. Литвяк, Н.Д. Лукин, Е.А. Симаков, В.А. Дегтярёв, Л.Г. Кузьмина, Л.Б. Кузина; Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха; Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН. – М.: ФЛИНТА, 2021. – 896 с.

УДК 637.531.45

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

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В ЭМУЛЬСИТАТОРЕ

При скользящем резании сопротивление перерезанию волокон и стенок клеток продукта уменьшается с возрастанием угла скольжения или, что то же самое, – с увеличением коэффициента скольжения и длины режущей кромки лезвия [1].

Рассмотрим сечение пера ножа (рисунок 1) и силы, действующие в момент измельчения на его режущие кромки.

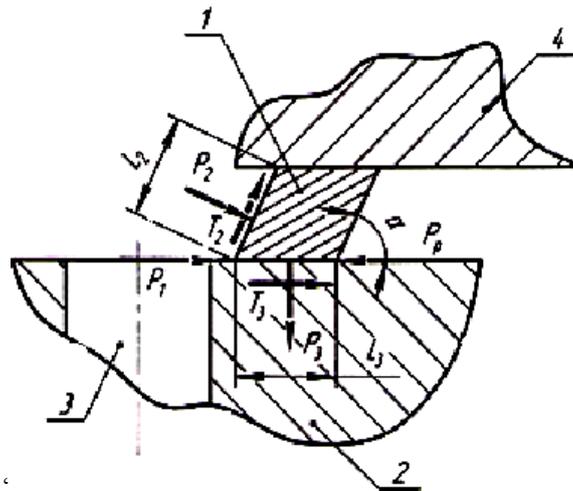


Рисунок 1. Схема сил, действующих на режущую кромку ножа при измельчении:

P_1 – сила сопротивления измельчению, Н; P_2 – сила сопротивления проникновению в продукт лезвия ножа, Н; P_3 – сила проталкивания продукта, создаваемая гранью ножа, Н; L_2 и L_3 – длины граней лезвия, м; P_p – нормальная составляющая к общей силе резания; α – угол заточки, рад; T_2 и T_3 – силы трения на гранях ножа, Н; 1 – режущая кромка; 2 – ножевая решетка; 3 – отверстия перфорации; 4 – вращающийся нож

Силы трения приложенные к режущему инструменту, при скользящем резании направлены в сторону, обратную направлению относительного движения ножа. Активную силу, приложенную к ножу и вызывающую перечисленные реакции, обозначим P_p . Считая движения ножа установившимся, можем применить к нему уравнения статики. Будем считать силу P_3 известной, зависящей от скорости вращения и геометрии ножа.

Проектируя все силы на направление опорной грани ножа, получим:

$$P_p - P_1 - P_2 \sin \alpha - T_2 \cos \alpha - T_3 = 0; \quad (1)$$

где α – угол заточки лезвия ножа.

Силы трения на гранях ножа:

$$T_2 = P_2 f_2, \quad (2)$$

$$T_3 = P_3 f_3, \quad (3)$$

где f_2 – коэффициент трения продукта о нож [2]; f_3 – коэффициент трения между ножом и решеткой в присутствии продукта.

Подставляя их в уравнение проекций, получим:

$$P_p = P_1 + P_2 \sin \alpha + P_2 f_2 \cos \alpha + P_3 f_3 = P_1 + P_2 (\sin \alpha + f_2 \cos \alpha) + P_3 f_3; \quad (4)$$

Сумма проекций сил на ось, перпендикулярную первой, будет

$$P_2 \cos \alpha - P_3 - T_2 \sin \alpha = 0, \quad P_2 \cos \alpha - P_3 - P_2 f_2 \sin \alpha = 0. \quad (5)$$

Подставляя сюда значение T_2 :

$$P_2 (\cos \alpha - f_2 \sin \alpha) = P_3; \quad (6)$$

$$P_2 = \frac{P_3}{\cos \alpha - f_2 \sin \alpha}. \quad (7)$$

Силу сопротивления измельчению продукта (P_1) считаем равномерно распределенной. При известной величине q (q – удельное сопротивление продукта резанию на единицу длины лезвия, Н/м) сила P_1 определяется как произведение

$$P_1 = qL_1, \quad (8)$$

где L_1 – длина лезвия, м.

Тогда активная сила (сила нормального давления на лезвие ножа) P_p с учетом формулы (4)

$$P_p = qL_1 + P_3 \frac{\sin \alpha + f_2 \cos \alpha}{\cos \alpha - f_2 \sin \alpha} + P_3 f_3. \quad (9)$$

Общее усилие на резание с учетом двух режущих кромок:

$$P_{рез} = \frac{2P_p}{\cos \beta} = 2 \frac{qL_1 + P_3 \left(\frac{\sin \alpha + f_2 \cos \alpha}{\cos \alpha - f_2 \sin \alpha} + P_3 f_3 \right)}{\cos \beta}; \quad (10)$$

Плечо приложения силы $P_{общ}$ определим по выражению

$$R = \frac{R_{н} + R_{вн}}{2}; \quad (11)$$

Используя уравнения, получим выражение момента на лезвии ножа:

$$\Delta p = \frac{P_{рез}}{F}. \quad (12)$$

Умножая M на угловую скорость ножа ω , получим мощность, затрачиваемую на общую мощность проталкивания и резания продукта ножом через отверстия решетки:

$$N_{\text{общ}} = M\omega = \frac{\pi n \left[qL_1 + P_3 \left(\frac{\sin \alpha + f_2 \cos \alpha}{\cos \alpha - f_2 \sin \alpha} + P_3 f_3 \right) (R_n + R_{\text{вн}}) \right]}{60 \cos \beta} \quad (13)$$

Окончательно получаем:

$$N_{\text{общ}} = \frac{\pi n \left[q \left(\sqrt{b^2 + 2R_n(R_n - b)} \right) + P_3 \left(\frac{\sin \alpha + F_2 \cos \alpha}{\cos \alpha - f_2 \sin \alpha} + P_3 f_3 \right) (R_n + R_{\text{вн}}) \right]}{60 \cos \beta} \quad (14)$$

Данная формула 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 эмульсаторах.

В эмульсаторах разность давлений Δp может создаваться под вакуумом ($5 \cdot 10^4$ Па – $9 \cdot 10^4$ Па), при подаче сырья поршневым или центробежным насосом (до $50 \cdot 10^4$ Па) или под гидростатическом давлением слоя продукта ($5 \cdot 10^4$ Па).

В последнем случае используем активную силу нормального давления на лезвие ножа, т.е.

$$\Delta P = \frac{P_{\text{рез}}}{F} ; \quad (15)$$

где $P_{\text{рез}}$ – результирующая сила нормального давления на два лезвия ножа; F – общая площадь ножевой решетки, м².

$$P_{\text{рез}} = \frac{2P_p}{\cos \beta} = 2 \frac{qL_1 + P_3 \left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} + \frac{f_3 \cos \alpha}{f_2 \sin \alpha} + P_3 f_3 \right)}{\cos \beta} \quad (16)$$

Окончательно получаем, приняв $\Delta p = \frac{P_{\text{рез}}}{F}$

$$Q = 2 \left(\frac{qL_1 + P_3 \left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} + \frac{f_3 \cos \alpha}{f_2 \sin \alpha} + P_3 f_3 \right)}{\cos \alpha} \right) \frac{\tau S}{\mu \left(r_0 \chi \frac{Q}{F} + R_2 + R_3 \right)} \quad (17)$$

Из уравнения (17) следует, что при $\Delta p = \text{const}$ по мере увеличения готового продукта, а следовательно, и продолжительности процесса, скорость процесса измельчения уменьшается, а с увеличением проходного (живого) сечения S скорость процесса возрастает. Из уравнения (17) также видно, что с ростом гидравлического сопротивления ножевой решетки R_3 скорость процесса измельчения уменьшается.

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. Вышелеский, А.Н. Как определить силы трения при конструировании машины для резки продуктов/ А.Н. Вышелеский, Г.А. Каргина// Общественное питание. – 1973.– №11. – С. 54–55.

УДК 664.2

Литвяк В.В., доктор технических наук, доцент

Всероссийский научно-исследовательский институт крахмала и переработки крахмалсодержащего сырья – филиал Федерального исследовательского центра картофеля имени А.Г. Лорха, п. Красково

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГАРНИРНОГО КАРТОФЕЛЯ БЫСТРОЗАМОРОЖЕННОГО

Несмотря на важность для устойчивого развития картофелеперерабатывающей отрасли технологии производства гарнирного картофеля быстрозамороженного [1–9] в современной пищевой науке усовершенствованию данной технологии уделяется крайне мало внимания.

Цель – рассмотрение перспективной для российских картофелеперерабатывающих предприятий технологии производства гарнирного картофеля быстрозамороженного.

Объект и методы исследований. Объект исследований. Объектом исследований являлся гарнирный картофель.

Методы физико-химических исследований и расчёт пищевой ценности. Физико-химические исследования проведены с использованием стандартных методик: ГОСТ 34454, ГОСТ 26176, ГОСТ 15113.9, ГОСТ 32771, ГОСТ Р 54014, ГОСТ 15113.4, ГОСТ 32042, ГОСТ 7047, ГОСТ Р 54634, ГОСТ EN 15607, ГОСТ 13496.17, ГОСТ 26657, ГОСТ 13496.1, ГОСТ 26570, ГОСТ Р 51637, ГОСТ 26928, ГОСТ 30178.

Пищевую ценность рассчитывали согласно общепринятой формуле (1):

$$\text{ПЦ} = (\text{Б} \times 4) + (\text{Ж} \times 9) + (\text{У} \times 4) + (\text{ОК} \times 3), \quad (1)$$

где ПЦ – пищевая ценность; Б – белки; Ж – жиры; У – углеводы; ОК – органические кислоты; 4; 9; 4; 3 – коэффициенты.

Результаты исследований. Общая характеристика продукта. Гарнирный картофель быстрозамороженный, представляет собой картофелепродукт, получаемый из очищенного и нарезанного свежего картофеля путем бланширования и последующего замораживания.

Гарнирный картофель быстрозамороженный используют в качестве гарнира ко вторым обеденным блюдам, для приготовления первых и вторых обеденных блюд, а также в качестве самостоятельного блюда.

Сырье и материалы. Для производства гарнирного картофеля быстрозамороженного используют следующее сырье и материалы: картофель свежий для переработки на продукты питания (рекомендуется использовать сортовой картофель: Лошицкий, Темп, Атлант, Верб, Выток, Белорусский 3, Ласунок, Нароч, Орбита, Синтез, Яхонт, Явар, Сузорье, Криница, Зарница, Колорит и др.) по ГОСТ 26832; картофель свежий продовольственный, ранний (срок хранения картофеля ранней стадии зрелости до переработки не более 7 дней) по ГОСТ 7176 и ГОСТ Р 51808; вода питьевая по ГОСТ 32220.

Технологический процесс. Технологическая схема производства гарнирного картофеля быстрозамороженного представлена на рис. 1.

Предварительная подготовка картофеля. Картофель подают на переработку в мешках или контейнерах. Картофель, поступающий в производство, должен быть однородным по форме клубней и окраске мякоти.

Рекомендуется: 1) перерабатывать калиброванный картофель с размерами клубней по наибольшему поперечному диаметру: средняя фракция – от 5 до 7 см, крупная фракция – свыше 7 см; 2) перерабатывать каждую фракцию по отдельности; 3) каждую партию готовой продукции комплектовать из картофеля одного сорта и фракции.