

## 1.2. Физико-химические изменения в рыбе в процессах копчения, вяления и сушки

Основная цель копчения – это получение продукта с улучшенными вкусовыми свойствами, имеющего специфический вкус и запах и более стойкого при хранении [2], [7].

В процессе копчения в рыбе происходят сложные физические и биохимические изменения: нагревание продукта, диффузия влаги в рыбе и испарение ее с поверхности; осаждение коптильных компонентов на рыбу и диффузия этих веществ вглубь продукта; денатурация и гидролиз белков, липидов и экстрактивных веществ; уменьшение микрофлоры; разрушение витаминов.

При вялении и сушке рыбы определенной солености можно получить продукцию с высокими вкусовыми качествами. В процессе вяления, наряду с глубоким обезвоживанием, в рыбе происходят сложные гистологические и биохимические изменения [5], [8], частичный распад белка и жира. Продукты гидролиза и окисления жира взаимодействуют с продуктами распада белка, образуя соединения со специфическими химическими и вкусовыми свойствами. В технологии вяления этот процесс называется созревaniem. Он сопровождается перераспределением жира по всей толще рыбы. Аналогичные процессы характерны и для сушеной рыбы.

### 1.2.1. Диффузия влаги в рыбе и испарение ее с поверхности

Обезвоживание рыбы не только позволяет увеличить сроки хранения готовых изделий, но и способствует приобретению рыбой плотной консистенции и повышению ее ценности. В процессе копчения удаляется 18–41 % влаги от начальной массы. Причем удаляется в основном влага макро- и микрокапилляров.

Кинетику внутреннего массопереноса можно выразить следующим уравнением [7], [8]:

$$\frac{dU}{d\tau} = a_m \nabla^2 U + a_m \delta \nabla^2 \theta + \frac{K_p}{\rho_0} Z \nabla^2 P, \quad (1.1)$$

где  $a_m$  – коэффициент диффузии влаги<sup>1</sup>, м<sup>2</sup>/ч;  $\rho_0$  – масса абсолютно сухого вещества в единице влажного тела, кг<sub>с.в.</sub>/м<sup>3</sup>;  $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$  – оператор Лапласа;  $K_p$  – коэффициент молярного фильтрационного переноса влаги;  $Z$  – коэффициент, учитывающий свойства тканей в условиях денатурации;  $U$ ,  $\theta$ ,  $P$ ,  $\tau$  – влагосодержание и температура рыбы, давление влаги в рыбе, время копчения соответственно.

Если копчение производится при сравнительно низких температурах (293 – 313 К), то последние два члена в правой части уравнения (1.1) можно не учитывать.

В общем случае выражение (1.1) описывает скорость изменения влажности в любой точке тела. Плотность потока влаги  $q_m$ , кг/(м<sup>2</sup>·ч), в процессе копчения при температурах 293–313 К выражается следующей зависимостью:

$$\bar{q}_m = -\frac{\lambda_m}{c_m} \nabla \bar{U} = -\frac{\lambda_m \rho_0}{c_m \rho_0} \nabla \bar{U} = -a_m \rho_0 \nabla \bar{U}, \quad (1.2)$$

где  $\lambda_m$  – коэффициент влагопроводности, кг/(м·ч·ед.потенциала);  $c_m$  – удельная массоемкость, кг/(кг<sub>с.в.</sub>·ед.потенциала);  $\rho_0$  – масса абсолютно сухого вещества в единице влажного тела, кг<sub>с.в.</sub>/м<sup>3</sup>;  $\nabla \bar{U}$  – градиент влагосодержания,  $a_m = \frac{\lambda_m}{c_m \rho_0}$  кг/(кг<sub>с.в.</sub>·м).

Использование выражения (1.2) для определения потока влаги затруднено, так как в литературе имеются только отрывочные сведения по значениям в процессе копчения рыбы и не исследованы закономерности изменения этого коэффициента. Хотя следует предположить, что из-за сложных физико-химических изменений в рыбе коэффициенты  $a_m$  должны меняться по абсолютной величине в процессе ее обезвоживания.

Интенсивность испарения влаги  $q_m$  (кг/ м<sup>2</sup>·ч) с поверхности материала в период постоянной скорости обезвоживания можно выразить уравнением

$$\bar{q}_m = a_{mp} (P_M - P_{II}) \frac{102}{B}, \quad (1.3)$$

---

<sup>1</sup>Строго говоря,  $a_m$  – это коэффициент потенциалопроводности массопереноса какого-либо вещества, но часто его называют коэффициентом диффузии.

где  $a_{mp}$  – коэффициент влагообмена при сушке влажного материала, отнесенный к разности парциальных давлений, кг/ (м<sup>2</sup>·ч)·кПа;  $B$  – барометрическое давление, кПа;  $P_M$  – парциальное давление пара жидкости над поверхностью испарения, кПа;  $P_{II}$  – парциальное давление пара в коптильной камере, кПа.

В общем случае интенсивность испарения влаги зависит от температуры, влажности, скорости сушильного агента, формы и размеров поверхности изделия, химического состава его [2].

При низкотемпературной сушке (холодное копчение, вяление) рыбы скорость движения сушильного агента более 2 м/с не оказывает влияния на интенсивность процесса обезвоживания, в то время как с повышением температуры и влажности интенсивность обезвоживания возрастает.

Для рыбы кривая кинетики обезвоживания может быть определена из выражения [8]

$$\frac{dU}{d\tau} = K(U - U_p), \quad (1.4)$$

где  $K$  – коэффициент сушки, 1/ч.

В общем случае  $K$  зависит от температуры ( $t$ ), влажности ( $\varphi$ ), скорости движения дымовоздушной среды ( $v$ ), влагосодержания ( $U$ ), жирности рыбы ( $C_{жс}$ )

$$K = f(t, \varphi, v, U, C_{жс}). \quad (1.5)$$

Так как влагосодержание и жирность рыбы функционально связаны между собой, то справедливо и следующее выражение:

$$K = f(t, \varphi, v, U). \quad (1.6)$$

Если скорость дымовоздушной среды более 2 м/с, можно зависимость (1.6) записать следующим образом<sup>2</sup>:

$$K = f(t, \varphi, U). \quad (1.7)$$

---

<sup>2</sup>При скорости сушильного агента 2 м/с и выше в процессе вяления и холодного копчения рыбы внешний массообмен интенсивнее переноса массы внутри тела. Поэтому определяющим будет являться внутренний массоперенос. В этой связи влиянием скорости сушильного агента можно пренебречь.

Выражение (1.7) справедливо при одинаковых геометрических размерах рыбы. Если геометрические размеры меняются, то

$$K = f(t, \varphi, U, S/m), \quad (1.8)$$

где  $S/m$  – удельная поверхность рыбы<sup>3</sup>, м<sup>2</sup>/кг.

Для мелкой рыбы, по данным Б.Н. Никитина [4],

$$K = 2,7\nu^{0,2}C_{ж}^{-0,3}[(1/100)^{3,6} + 1,3\varphi] \cdot 10^{-3}. \quad (1.9)$$

По данным В.Н. Подсевалова [2], процесс обезвоживания при холодном копчении атлантической сельди может описываться следующим уравнением:

$$G_2 - G_1 = K_x \tau^n, \quad (1.10)$$

где  $G_2$  и  $G_1$  – конечная и начальная массы рыбы;  $K_x$  – коэффициент обезвоживания;  $n$  – показатель степени.

Если температура тела рыбы в процессе копчения равна температуре мокрого термометра, скорость удаления влаги может быть выражена следующей зависимостью [2], [7]:

$$W = \sigma F \Delta d \cdot 10^{-3}, \quad (1.11)$$

где  $W$  – масса испаряющейся влаги, кг/с;  $\sigma$  – коэффициент испарения, кг/(м<sup>2</sup>·с);  $F$  – площадь поверхности рыбы, м<sup>2</sup>;  $\Delta d$  – движущая сила процесса испарения, г/кг, которую можно определить по выражению

$$\Delta d = \frac{d_2 - d_1}{\ln \frac{d_3 - d_1}{d_3 - d_2}}, \quad (1.12)$$

где  $d_2$  и  $d_1$  – влагосодержание воздуха соответственно в начале и в конце туннеля, г/кг;  $d_3$  – влагосодержание насыщенного воздуха в туннеле по мокрому термометру.

---

<sup>3</sup>Иногда удельную поверхность обозначают через  $f$ , тогда  $f = S/m$ .

Коэффициент испарения  $\sigma$  в выражении (1.11) приближенно может быть определен на основании закона Льюиса:

$$\sigma = \alpha/c_3,$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи от рыбы к воздуху;  $c_3$  – теплоемкость влажного воздуха в состоянии насыщения.

Коэффициент теплоотдачи может быть определен из следующего выражения [7]:

$$Nu = C_1 Pr^{0,35} Re^n, \quad (1.13)$$

где  $C_1 = 0,25$  для  $2,5 \cdot 10^3 \leq Re \leq 1,5 \cdot 10^4$ ;  $Re$  – критерий Рейнольдса;  $Pr$  – критерий Прандтля ( $Pr \approx 0,70$ );  $n$  – показатель степени ( $n = 0,6-0,65$ ).

При холодном копчении обезвоживание оказывает основное влияние на продолжительность процесса. Продолжительность же горячего копчения рыбы (особенно крупной) можно оценить по температуре в центре тела рыбы, которая должна быть не ниже 341К [4]. К этому моменту рыба приобретает специфические свойства копченого изделия (цвет, запах, вкус) и в ней уничтожается до 99 % начального количества микроорганизмов. Причем из оставшихся микроорганизмов 90 % составляют споровые формы.

Продолжительность процесса горячего копчения обычно определяют по формуле<sup>4</sup>

$$\tau = \frac{1}{m} \ln \frac{t_1 - t_0}{t - t_0}, \quad (1.14)$$

где  $t_1$  – температура дымовоздушной смеси, К;  $t_0$  – температура рыбы в начальный момент времени, К;  $t$  – температура в центре рыбы в конце процесса, К;  $m$  – темп нагрева.

Темп нагрева является функцией ряда величин:

$$m = f(t, v, C_{ж}, L_3, B), \quad (1.15)$$

---

<sup>4</sup>Аналогичным образом, вероятно, можно рассчитывать и процессы высокотемпературной сушки рыбы.

где  $L_3$  – зоологическая длина рыбы, мм;  $B$  – наибольшая толщина рыбы, мм; остальные обозначения известны.

Как видно из изложенного, испарение влаги с поверхности рыбы и ее диффузия к поверхности зависят от параметров сушильного агента и свойств самой рыбы.

Следует заметить, что вопросам теплопереноса в процессе копчения рыбы в литературе уделялось большое внимание. Однако сведения об этих процессах носят противоречивый характер. Например, одни авторы рекомендуют вести процесс при сравнительно малых температурах, другие – поддерживать постоянным коэффициент активности воды в течение всего процесса. Имеются сведения, что все же интенсивнее процесс обезвоживания происходит при более высоких температурах и меньших влажностях сушильного агента.

Способ посола и периодическое увлажнение рыбы также влияют на процесс обезвоживания, который интенсивнее в случае копчения рыбы законченного посола и при периодическом ее увлажнении.

Несмотря на наличие большого количества экспериментальных данных по обезвоживанию рыбы, трудно количественно оценить этот процесс при копчении той или иной рыбы в различных режимах аналитическим путем. Поэтому для выбора наиболее рационального режима обезвоживания, например, при холодном и горячем копчении, вялении и сушке, необходимо проведение дополнительных исследований.

### ***1.2.2. Осаждение копильных компонентов и их диффузия вглубь продукта***

*Внешний массоперенос копильных компонентов.* На внешний массоперенос копильных компонентов оказывают влияние гравитация, термофорез и термодиффузия, броуновское движение молекул, а также физические параметры дымовоздушной смеси [7]

$$v_{oc} = \varphi_1(\sigma) + \varphi_2(D) + \varphi_3(R) + \varphi_4(C) + \varphi_5(P) + \varphi_6(v), \quad (1.16)$$

где  $\sigma$  – влияние гравитации на скорость осаждения;  $D$  – влияние броуновского движения молекул на скорость осаждения;  $R$  – влияние термофореза и термодиффузии на скорость осаждения;  $C$  – влияние концентрации дыма на скорость осаждения;  $P$  – влияние парциального давления дымовоздушной смеси;  $v$  – влияние скорости движения дымовоздушной смеси на интенсивность осаждения.

В табл. 1.1 приведено влияние на интенсивность осаждения ряда факторов в соответствии с выражением (1.16) [7].

Таблица 1.1

Факторы интенсивности осаждения

Состояние поверхности	Интенсивность осаждения, кг/(м <sup>2</sup> ·ч)				
	$\sigma$	$D$	$R$	$v$ , м/с	
				0,02	2
Влажная	0 (при $v = 0,1$ м/с)	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$19 \cdot 10^{-5}$	0,1	1

По сравнению с зависимостью интенсивности осаждения от скорости дыма влияние на нее гравитации, броуновского движения, термофореза и термодиффузии в процессах холодного копчения незначительно, поэтому для практических расчетов эти факторы можно не учитывать. О влиянии скорости потока коптильного дыма на коэффициент массоотдачи фенолов к рыбе можно судить из следующего выражения [7]:

$$\beta = \frac{0,034v^{0,27}\gamma^{0,43}a^{0,31}}{l^{0,74}}, \quad (1.16)$$

где  $v$  – скорость потока коптильного дыма в камере относительно рыбы, м/с;  $\gamma$  – коэффициент кинематической вязкости коптильного дыма, м<sup>2</sup>/с;  $a$  – коэффициент молекулярной диффузии фенолов в коптильном дыме, м<sup>2</sup>/с;  $l$  – определяющий размер коптильной камеры, м.

Выражение (1.16) справедливо при содержании фенолов в коптильном дыме  $8 \cdot 10^{-6}$  кг/м<sup>3</sup>. Из формулы (1.16) очевидно, что

$\beta$  пропорционален  $v^{0,27}$ . То есть чем выше скорость потока, тем выше  $\beta$  при постоянных  $\gamma$ ,  $a$  и  $l$ . Обычно  $\gamma$ ,  $a$  и  $l$  постоянны для определенных типов дымогенераторов и коптильных камер, а коэффициент диффузии для фенолов можно определить из следующего выражения [7]:

$$a = 1,33 \cdot 10^{-9} T^{\frac{3}{2}}, \quad (1.17)$$

где  $T$  – температура коптильного дыма, К.

Анализируя (1.16), можно сказать, что и для других компонентов дыма коэффициент массопередачи зависит от скорости потока коптильного дыма, то есть  $\beta$  пропорционален  $v^n$ . Поэтому чем выше скорость потока коптильного дыма, тем выше  $\beta$  при постоянных  $\gamma$ ,  $a$  и  $l$ .

Д.Х. Бунин, М.В. Попов также пришли к выводу, что при увеличении скорости подачи дыма на продукт увеличивается число частиц как паровой, так и дисперсной фазы, оседающих на него в единицу времени при постоянном содержании их в дыме. Максимум интенсивности осаждения дымовых частиц наступает примерно при скорости потока 2 м/с и перпендикулярном обдуве поверхности тела рыбы. Наличие максимума осаждения при определении скорости косвенно указывает на то, что процесс диффузии коптильных компонентов в рыбу идет медленнее, чем процесс осаждения их на поверхность рыбы. О влиянии концентрации на интенсивность осаждения частиц дыма на поверхность рыбы можно судить из выражения [7]:

$$J = \frac{ka^{\frac{3}{4}}n_0 Re^{\frac{7}{8}} \gamma^{\frac{1}{4}}}{57R}, \quad (1.18)$$

где  $k$  – числовой коэффициент ( $k = 1$ );  $n_0$  – начальная (средняя) концентрация дыма;  $a$  – коэффициент тепловой диффузии частиц<sup>5</sup>;  $\gamma$  – коэффициент кинематической вязкости;  $R$  – радиус

---

<sup>5</sup>Коэффициент тепловой диффузии частиц возрастает с ростом температуры и с уменьшением радиуса молекулы диффундирующего вещества.

каналов, образованных вертикальными рядами рыбы;  $Re$  – критерий Рейнольдса;  $J$  – интенсивность осаждения частиц на  $1 \text{ см}^2$  поверхности в  $1 \text{ с}$ .

Из выражения (1.18) следует, что интенсивность осаждения увеличивается с увеличением концентрации дыма, с повышением его температуры, скорости и уменьшается с увеличением размера частиц.

Как уже отмечалось, размер частиц в копильном дыме колеблется в пределах  $0,1\text{--}3,4 \text{ мкм}$  и зависит от типа генератора. Увеличение температуры дыма при холодном копчении ограничено технологическими требованиями к процессу. Напротив, при горячем копчении, где температура дымовоздушной смеси в  $3\text{--}5$  раз выше, чем при холодном копчении, влияние размерного состава частиц дыма и его температуры на процесс осаждения существенно. Увеличение парциального давления паров в дыме способствует интенсификации процесса осаждения копильных компонентов. На влажную поверхность они оседают более активно. Для каждого типа дымогенератора характерен определенный диапазон размера дымовых частиц, парциального давления паровой фазы дыма. Поэтому интенсивность осаждения частиц дымовоздушной смеси будет зависеть от типа дымогенератора, топлива, влажности дыма, поверхности рыбы.

С осторожностью следует подходить к подготовке влажной поверхности рыбы. Если она слишком влажная, то из-за осаждения на нее большого количества смолистых веществ рыба приобретает нежелательную окраску. На пересушенную поверхность осаждение частиц дыма замедляется. Поэтому поверхность рыбы должна быть подсушена, но не пересушена.

*Внутренний массоперенос копильных компонентов.* Внутри тела рыбы проникают в основном только хорошо растворимые в клеточном соке рыбы вещества: фенолы, карбонильные соединения, кислоты, альдегиды, спирты и т.п. [4].

Количество диффундирующего вещества можно оценить из следующего выражения (закон Фика):

$$G = -aF\tau\rho_0 \frac{dc}{dx}, \quad (1.19)$$

где  $a$  – коэффициент диффузии,  $\text{м}^2/\text{ч}$ ;  $F$  – поверхность,  $\text{м}^2$ ;  $\tau$  – время, ч;  $\frac{dc}{dx}$  – градиент концентрации,  $\text{кг}/(\text{кг}_{\text{с.в.}} \cdot \text{м})$  (изменение концентрации на единицу длины пути диффундирующего вещества);  $\rho_0$  – плотность абсолютно сухого вещества в объеме влажного тела,  $\text{кг}_{\text{с.в.}}/\text{м}^3$ .

Коэффициент диффузии зависит от вида рыбы, ее физико-химического состава, от размера диффундирующих частиц. Для определенного вида рыбы и типа генератора коэффициент диффузии копильных компонентов, по-видимому, будет зависеть от физико-химического состава продукта.

Диффузию копильных компонентов обычно изучают на основе проникновения смол в ткани. По диффузии фенолов можно косвенно судить и о проникновении других компонентов дыма в ткани рыбы [4], [8].

Проникновение фенолов дыма в толщу сырокопченой колбасы в процессе копчения и последующей сушки приведено в табл. 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2

Проникновение фенолов дыма в толщу сырокопченой колбасы в процессе копчения,  $\text{мг}/100 \text{ г}$

Слой колбасы	Продолжительность копчения, ч			
	3,5	24	48	72
1. Поверхностный, 4 мм	1,95	9,5	-	10,53
2. Средний, 4 мм	0	0,16	0,17	1,25
3. Средний, 5 мм	0	0	0	0
4. Центральный, 10 мм	0	0	0	0

Таблица 1.3

Проникновение фенолов дыма в толщу сырокопченой колбасы в процессе сушки,  $\text{мг}/100 \text{ г}$

Слой колбасы	Продолжительность сушки, сут				
	5	13	20	30	45
1. Поверхностный, 4 мм	9,54	7,93	7,58	6,93	5,71
2. Средний, 4 мм	2,20	2,37	2,40	3,82	3,87

Окончание табл. 1.3

3. Средний, 5 мм	0,21	0,59	1,21	2,39	3,20
4. Центральный, 10 мм	0	0,24	0,43	1,33	1,82

Из табл. 1.2 и 1.3 видно, что в процессе копчения фенолы проникают в глубину всего на 8 мм за 24 ч копчения. Последующее перераспределение фенолов в колбасе происходит при ее дальнейшей сушке, причем в центральном слое 0,24 мг % фенолов обнаружено после 13 суток сушки.

По данным В.И. Курко, глубина проникновения фенолов в колбасные изделия зависит от химического состава продукта [3]

$$y = a_1 q + a_2 v + a_3 b + a_4 S, \quad (1.20)$$

где  $y$  – глубина проникновения;  $q, v, b, S$  – содержание жира, влаги, белка, соли в продукте;  $a_1, a_2, a_3, a_4$  – коэффициенты ( $a_4$  – отрицательный коэффициент).

Из уравнения (1.20) вытекает, что чем больше в продукте содержание жира, влаги, белка, тем интенсивнее происходит диффузия копильных компонентов. А при большей солености диффузия копильных компонентов происходит медленнее.

Аналогично колбасным изделиям, в рыбных продуктах выравнивание концентрации копильных компонентов по толщине происходит довольно медленно (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Распределение фенолов в копченом тресковом филе при 16 °С после 30 суток хранения

Расстояние от поверхности, мм	Содержание фенолов, в процентах от общего количества
0,2	25
2,4	14
4,6	11
6,8	7,0
8,1	5,0
Центральный слой	3,1

Содержание копильных компонентов в мясных изделиях горячего копчения несколько меньше, чем в рыбе. Однако в продукции холодного копчения из мяса и рыбы оно примерно одинаково (табл. 1.5).

Таблица 1.5  
Сравнительное содержание фенолов в мясных и рыбных копченых изделиях

Продукт	Фенолы, мг %	Примечания
Окорок горячего копчения		В пересчете на фенол
- жир	1,85	
- мышечная ткань	1,36	
Сосиски	1,36	В пересчете на гваякол
Колбасы вареные	0,46	
Колбасы полукопченые	0,79	
Колбасы сырокопченые	2,0–4,0	В пересчете на фенол
Колбасы сырокопченые	3,5–6,44	
Колбасы сырокопченые	9–24	
Кабанос (чехословацкого производства) холодного копчения	0,5–5,0	Верхний предел при копчении с дымогенератором, нижний – с очагом из опилок
Филе трески холодного копчения	6,0–10,0	
Вобла холодного копчения	5,07	
Треска горячего копчения	2,86–6	
Сельдь горячего копчения	3,73–6,29	
Салака для шпрот	4,86–6,8	

По мнению ряда исследователей, своеобразный аромат и вкус копченостей продукту в основном придают фенольные соединения и некоторые кислоты [2], [4], [8].

Содержание кислот и карбонильных соединений в рыбных изделиях приведено в табл. 1.6 и 1.7.

Таблица 1.6

Содержание органических кислот летучих  
с паром в рыбных изделиях

Продукт	Количество, мг %	Примечания
Треска копченая	80–100	В пересчете на уксусную кислоту Содержание кислот до копчения (в вобле 10, в треске 24 мг %) исключено
Треска свежая	До 20	
Сельдь и макрель (копчение для длительного хранения)	225–230	
Вобла холодного копчения	24	
Треска горячего копчения	35	

Органические кислоты в основном оказывают влияние на образование вкуса. На аромате копчения сказывается присутствие соединения фуранового типа.

Таблица 1.7

Содержание некоторых карбонильных соединений  
в копченых продуктах

Соединение	Продукт	Количество, мг %	Примечание
Формальдегид	Копченое филе трески	13,3	Суммарное количество в пересчете на формальдегид
	Свежая треска	0,05–1,95	
	Сельдь копченая (кипперс)	6–8	
	Сельдь свежая	0,05–0,3	
	Сельдь копченая (благерс)	5,0–10,0	
	Колбаса чешская (кабанос)	От следов до 1,0	
Альдегиды	Колбаса сырокопченая	9–20	
	Филе трески копченое	0,7–1,5	
	Филе трески свежее	0,2	

Окрашивание поверхности рыбы происходит в большей мере за счет взаимодействия карбонильных соединений дыма со свободными аминогруппами продукта [8]. Скорость насыщения мяса рыбы фенольными соединениями максимальна в начале процесса, а затем она замедляется (рис. 1.1).

Влияние вида рыбы, способа разделки на процесс диффузии копильных компонентов изучалось в АтлантНИРО. Для этой цели использовали скумбрию (неразделанную, обезглавленную, балык, пласт с головой) и зубана (в неразделанном виде).

Продолжительность копчения неразделанных нежирных зубана и скумбрии (по одинаковым критериям качества) при сравнительно равных размерно-массовых характеристиках отличается почти два раза. Однако характер диффузии фенолов через мышечную ткань различных рыб при близком химическом составе идентичен.

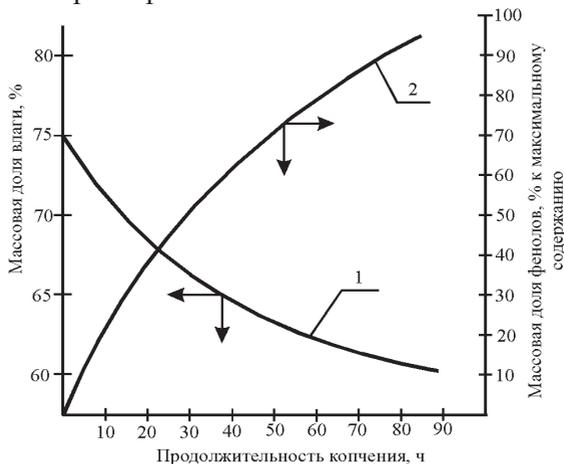


Рис. 1.1. Изменение массовой доли влаги и фенолов в мышечной ткани ставриды в процессе копчения: 1 – содержание влаги, %, в пересчете на общую массу; 2 – содержание фенолов, %, по отношению к максимальному содержанию

Продолжительность копчения (табл. 1.8) нежирной скумбрии различных способов разделки для получения продукта, одинакового по вкусу и аромату, находится в соотношении: находится в соотношении: 1: 1,4 : 1,9 (1 – рыба, разделанная на пласт; 1,4 – рыба, разделанная на пласт с головой; 1,9 – рыба обезглавленная или неразделанная).