

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОПТИЛЬНОГО ДЫМА

Канд. техн. наук В. А. СОЛИНЕК

(Научно-исследовательский институт механизации рыбной промышленности)

Для регулирования процесса копчения рыбы предложено применять выносные дымогенераторы к коптильным печам.

Считается, что вынесение дымообразования за пределы коптильных камер создаст ряд удобств, важнейшим из которых является возможность подачи в камеры кондиционированного дыма. Последнее требует изучения свойств дыма и зависимости между условиями его образования и качеством получаемой копченой рыбы.

Изучению аэрозолей, разновидностью которых является дым, равно как и процессов газификации топлива и сухой перегонки древесины, посвящено большое количество исследований. Однако среди них очень мало работ, посвященных изучению дыма, применяемого для копчения пищевых продуктов.

Из работ, касающихся изучения состава и свойств коптильного дыма, следует отметить весьма интересные исследования Питтита и Лейна [14], выяснявших зависимость химического состава дыма от количества воздуха, подаваемого при сжигании древесины бука. В работах Кеттинга [12], Ловерна [13] и Шоонеса [15] по копчению рыбы указываются вещества, предположительно содержащиеся в дыме, и отмечается, что дым имеет весьма сложный состав, в связи с чем имеются большие трудности в его изучении. Известное представление о качественном составе дыма дают проводившиеся Суржиным [8] и Макаровой [5] работы по получению коптильной жидкости. Кроме того, некоторые данные о составе дыма приводятся в работе Подсевалова по технологии копчения рыбы [4].

Вопросу о связи между составом дыма и качеством копченой рыбы до настоящего времени почти не уделялось внимания и неизвестно, какие именно составные части дыма придают копченой рыбе требуемый вкус и окраску. Также неизвестны условия, при которых следует генерировать дым, чтобы он обладал необходимыми коптильными свойствами.

В настоящей статье излагаются результаты исследования свойств коптильного дыма, проведенного автором с участием М. Э. Канда, Н. Н. Сахаровой и А. В. Емшановой.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ НА ГУСТОТУ ДЫМА

Известно, что приобретение рыбой окраски и вкуса, свойственных копченому продукту, связано с количеством дыма в камере. Если в камере дыма мало, то копчение задерживается; при большом количестве дыма рыба получается перекопченной. Соответственно этому при оборудовании коптильных печей выносными дымогенераторами возникает необходимость в регулировании количества подаваемого в камеру дыма и создании прибора, позволяющего контролировать подачу дыма. На

основе опыта определения густоты дыма в различных промышленных установках [7, 10, 11] был сконструирован специальный прибор для контроля густоты дыма в копильных печах — «дымомер», схематично изображенный на рис. 1. Для решения вопроса об использовании этого при-

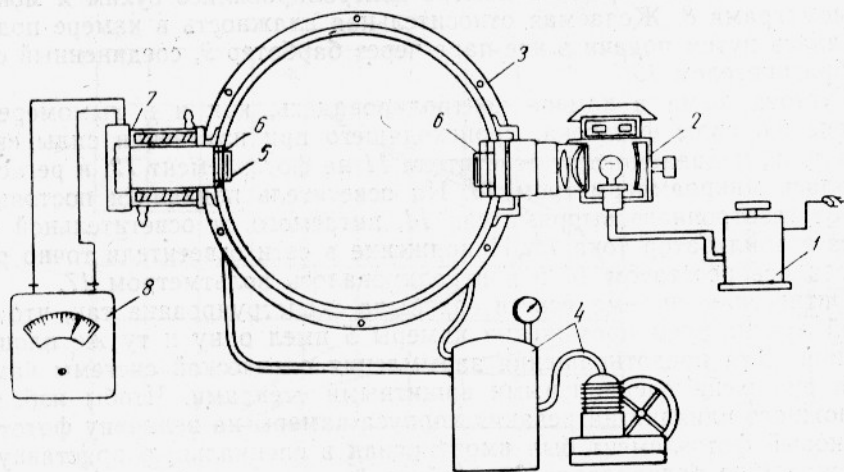


Рис. 1. Дымомер:

1—трансформатор; 2—осветитель; 3—дымопровод; 4—компрессор; 5—щели для продувки защитных стекол; 6—защитные стекла; 7—фотоэлемент; 8—указатель густоты дыма (микроамперметр).

бора потребовалось выяснить влияние на густоту дыма изменения температуры и относительной влажности в копильной камере, поскольку известно [1, 2, 8], что присутствие водяных паров и температура среды

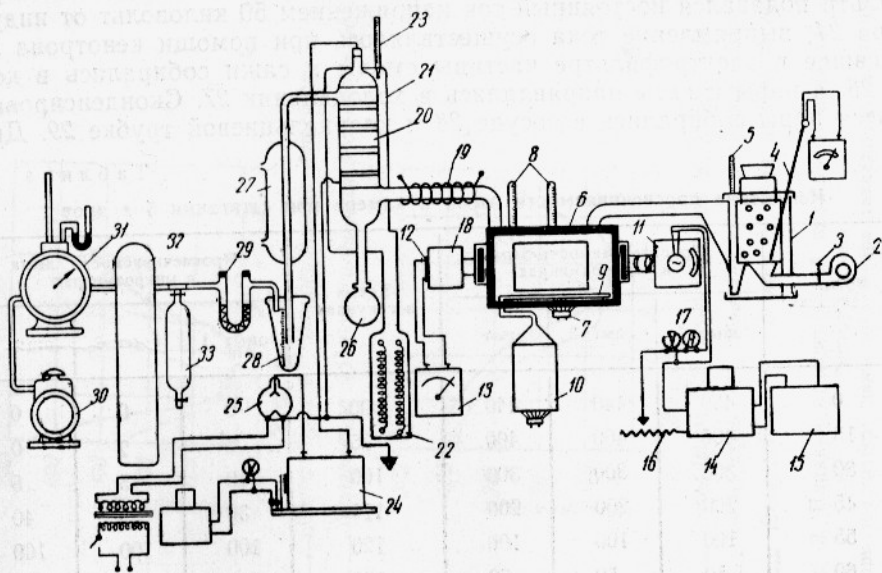


Рис. 2. Схема лабораторной установки для разделения дыма.

могут оказывать существенное влияние на устойчивость аэрозолей. Исследования проводились на лабораторной установке (рис. 2), предназначенной для разделения дыма. Топливо сжигалось в дымогенераторе 1, в который вентилятором 2 подавался воздух; количество подаваемого воздуха регулировалось шибером 3. Температура горения топлива

и температура дыма контролировались термопарой 4 и ртутным термометром 5.

Из дымогенератора дым подавался в камеру для копчения рыбы 6, обогреваемую газовыми горелками 7. Температура и относительная влажность газовой среды в камере контролировались сухим и мокрым термометрами 8. Желаемая относительная влажность в камере поддерживалась путем подачи в нее пара через барботер 9, соединенный с парообразователем 10.

Густота дыма в камере контролировалась, как и в дымомере, по изменению силы фототока, происходящего при изменении силы светового луча, подаваемого от осветителя 11 на фотоэлемент 12, и регистрировалась микроамперметром 13. На осветитель подавался постоянный ток от газотронного выпрямителя 14, питаемого от осветительной сети через стабилизатор тока 15. Напряжение в сети осветителя точно регулировалось реостатом 16 и контролировалось вольтметром 17.

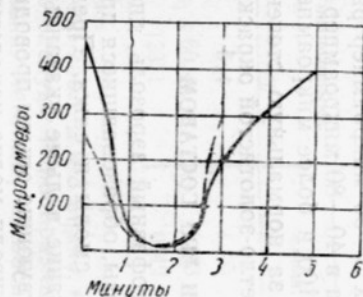
Оптическая система осветителя была сконструирована так, что световой луч на всем протяжении камеры 6 имел одну и ту же площадь сечения. Для предотвращения задымления оптической системы камера была снабжена специальными защитными стеклами. Чтобы избежать возможного влияния нагревания корпуса камеры на величину фототока, селеновый фотоэлемент был вмонтирован в специальную приставку 18, охлаждаемую водопроводной водой.

Из камеры 6 дым поступал в электрофильтр 20. Во избежание конденсации содержащихся в дыме веществ дымопровод, соединяющий камеру с электрофильтром, обогревался электроспиралью 19. Для предупреждения оседания паров дыма в электрофильтре последний был заключен в кожух 21, куда подавался нагретый в электрокалорифере 22 воздух. Температура в кожухе электрофильтра замерялась ртутным термометром 23. Электрофильтр представлял собой цилиндрический стеклянный баллон, обернутый тонкой лентой из красной меди. На электрофильтр подавался постоянный ток напряжением 50 киловольт от индуктора 24; выпрямление тока осуществлялось при помощи кенотрона 25. Осевшие в электрофильтре частицы смолы и сажи собирались в колбе 26, а пары и газы направлялись в холодильник 27. Сконденсировавшиеся пары собирались в сосуде 28 и хлоркальциевой трубке 29. Дым

Таблица 1

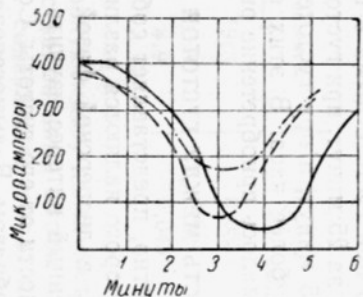
Изменение просвечиваемости дыма в камере при сжигании 5 г дров

Время в секундах	Просвечиваемость дыма в микроамперах			Время в секундах	Просвечиваемость дыма в микроамперах		
	опыт 1	опыт 2	опыт		опыт 1	опыт 2	опыт 3
0	450	440	440	90	0	0	0
15	400	400	400	95	5	2	0
30	300	300	300	100	10	5	5
45	200	200	200	110	30	30	40
55	100	100	100	120	100	100	100
60	50	50	50	130	200	200	200
65	20	20	20	145	250	250	250
70	10	10	10	160	300	300	300
75	5	5	5	180	350	350	350
80	0	3	3	200	400	400	400
85	0	0	0	—	—	—	—



а

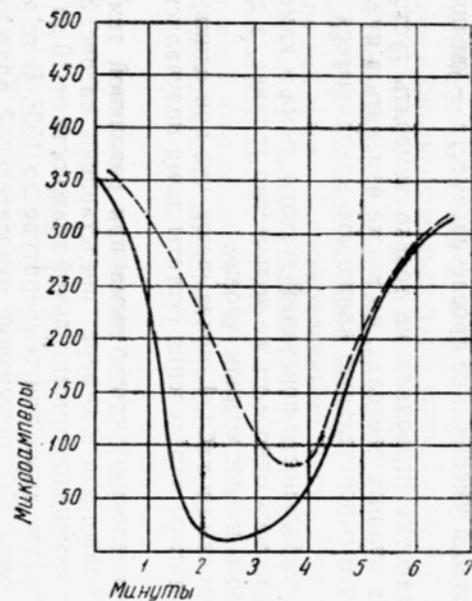
— Температура 83° Относительная влажность 10%
 - - - Температура 95° Относительная влажность 66%



б

— Температура 125° Относительная влажность 13%
 - - - Температура 130° Относительная влажность 60%
 - · - · Температура 130° Относительная влажность 86%

Рис. 3. Влияние относительной влажности воздуха на густоту дыма:
 а—при температуре ниже 100°; б—при температуре выше 100°.



— Температура 31-37°
 - - - Температура 117-147°

Рис. 4. Влияние температуры воздуха на густоту дыма.

отсасывался при помощи вакуум-насоса 30, соединенного с газовыми часами 31 и ресивером 32. Пробы сухих газов для анализа отбирали при помощи газовой пипетки 33. В камере 6, так же как и в приборе — дымомере, фактически измерялась просвечиваемость дыма. Густота же дыма является величиной обратной просвечиваемости. Таким образом, увеличение просвечиваемости, выражаемое в микроамперах, соответствует уменьшению густоты, а уменьшение просвечиваемости — увеличению густоты дыма.

Описанная установка позволяла не только измерять густоту дыма и варьировать ее в нужных пределах, но также изменять в нужных пределах температуру и относительную влажность находящегося в камере дыма.

Для проверки стабильности показаний густоты дыма в камере в дымогенератор загружалось одно и то же количество топлива, а дутье воздуха поддерживалось на постоянном уровне.

Данные, приведенные в табл. 1, показывают, что при одинаковых условиях опыта результаты определения густоты дыма получались довольно близкими.

Результаты определения густоты дыма при различной температуре и относительной влажности в камере представлены на рис. 3 и 4. Из рис. 3,а видно, что изменение относительной влажности от 10 до 66% почти не влияет на густоту дыма при температуре до 100°. В то же время при температуре выше 100° повышение относительной влажности приводит к уменьшению густоты дыма (рис. 3,б).

Уменьшение густоты дыма наблюдается также в случае повышения температуры в камере при постоянной относительной влажности (рис. 4).

Из этого следует, что густоту дыма надо измерять при определенной температуре и относительной влажности.

Пользуясь описанной установкой, мы попытались установить зависимость между густотой дыма и продолжительностью копчения рыбы. С этой целью в камеру на прутках подвешивали салаку так, чтобы она не заслоняла луч света, направленный от осветителя на фотоэлемент. Во время копчения температура и относительная влажность в камере поддерживались в указанных выше оптимальных пределах. При этом было найдено, что при густоте дыма в пределах 5—30 микроампер рыба выкапчивалась за 25 минут, при густоте дыма в 40—80 микроампер — в течение около 45 минут, а при густоте дыма 100 и более микроампер копчение длилось более часа. В этих опытах за нормальную степень копчености принималось приобретение рыбой светло-золотистой окраски.

ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ГУСТОТОЙ ДЫМА И ЕГО СОСТАВОМ

Дым, как известно, представляет собой многофазный аэрозоль, дисперсной средой которого являются различные газы, образовавшиеся при сгорании топлива, а дисперсной фазой — пары, смолы и сажа. Представляет определенный интерес изучить содержание в дыме указанных веществ в зависимости от его густоты. Соответствующие опыты проводились следующим образом. В дымогенераторе сжигали мелко наколотую древесину осины (размер кусков 5×5×30 мм) при определенной подаче воздуха и образовавшийся дым направляли в камеру, где измерялась его густота. Дым, отсасываемый из камеры при помощи вакуум-насоса, поступал в электрофильтр. Выделившуюся на фильтре смолу и несгоревшие частицы (сажу) после окончания опыта смывали спиртом в приемную колбу. Полученный спиртовой раствор фильтровали через взвешенный бумажный фильтр для отделения взвешенных частиц. Фильтр тщательно промывали спиртом и после высушивания взвешивали. По разнице веса фильтра определяли количество несгоревших частиц.

Профильтрованный раствор смолы доводили спиртом до определенного объема. Затем пипеткой отбирали определенное количество раствора во взвешенную бюксу с бумажными роликами; спирт испарялся, а остаток высушивали при 105° в течение 4 часов и взвешивали. По весу этого остатка высчитывали вес смолы во всем объеме раствора.

Пары, прошедшие через электрофильтр, пропускались через холодильник. Конденсат собирали в мерной приемной колбе холодильника, а не успевшие сконденсироваться пары улавливали в и-образной трубке с хлористым кальцием. Вес жидкости, собранной в приемной колбе, и вес пара, поглощенного хлористым кальцием, в сумме показывал количество конденсата. Количество пропущенного через систему газа измерялось газовыми часами, установленными перед вакуум-насосом; при подсчете показания счетчика приводили к нормальному объему. Количество смолы, несгоревших частиц, конденсата и газообразных продуктов высчитывали в граммах на 1 м³ дыма и в процентах от веса дыма. Результаты определений приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Зависимость состава дыма осины от его густоты

Густота дыма в микроамперах	Температура в °С	Относительная влажность в %	Вес конденсата в г/м ³	Вес смолы в г/м ³	Вес несгоревших частиц в г/м ³	Вес газообразных продуктов в г/м ³	Общий вес дыма в г/м ³
6,4	102	25,9	174,0	11,9	0,60	948	1134,5
60,4	100	21,9	114,6	5,4	0,450	950	1070,4
123,1	102	17,7	93,0	4,3	0,505	951	1048,8

Таблица 3

Изменение относительного содержания составных частей в дыме осины в зависимости от его густоты

Густота дыма в микроамперах	В % от веса всего дыма			
	смола	конденсат	несгоревшие частицы	газообразные продукты
6,4	1,05	19,3	0,053	79,597
60,4	0,73	10,7	0,051	88,519
123,1	0,42	8,9	0,048	90,632

Из табл. 2 и 3 видно, что основную массу дыма составляют газы, затем следуют парообразные вещества, за ними смолы и, наконец, несгоревшие частицы. Относительное содержание смол, парообразных веществ и несгоревших частиц в дыме снижается по мере уменьшения его густоты.

При принятой температуре опыта пары являются оптически не деятельными и уменьшение их количества не может привести к изменению густоты дыма. Поэтому можно считать, что наибольшее влияние на уменьшение густоты дыма оказывает уменьшение содержания в нем смол. Влияние же изменения количества несгоревших частиц должно быть относительно невелико.

Для проверки последнего положения проводились анализы осаждаемой на электрофильтре фракции дыма на содержание в ней несгорев-

ших частиц. Результаты этих анализов приведены в табл. 4. Полученные данные не показали наличия какой-либо закономерности между изменением количества несгоревших частиц и густотой дыма. Интересно отметить лишь опыт 8, в котором наблюдалось резкое увеличение со-

Таблица 4

Количество несгоревших частиц, приходящееся на 1 г смолы

Номер опыта	Порода дерева	Густота дыма в микроамперах	Вес несгоревших частиц в г
1	Ольха	8,8	0,058
2	Осина	6,4	0,050
3	Береза	5,4	0,035
4	Сосна	8,0	0,032
5	Ель	8,9	0,044
6	Ольха	58,8	0,053
7	Осина	60,4	0,058
8	Береза	62,9	0,225
9	Сосна	50,1	0,020
10	Ель	50,4	0,012
11	Ольха	106,4	0,057
12	Осина	123,1	0,116
13	Береза	126,1	0,125
14	Сосна	100,0	0,028
15	Ель	98,9	0,016

держания в смоле несгоревших частиц, причиной чего следует считать то, что для опыта использовалась неокоренная береза. Как известно, на практике коптильщики весьма неохотно используют березовые дрова, тем более неокоренные, так как это ведет к ухудшению качества копченой продукции и, в частности, ее окраски.

На рис. 5 представлены кривые, показывающие зависимость между густотой дыма и содержанием в нем смол, найденную в опытах с разными породами дерева. Кривые весьма сходны между собой и по форме приближаются к гиперболе. Весьма интересно, что содержание смол в 1 м³ дыма одинаковой густоты, полученного из различных пород дерева, весьма различно. Наибольшее количество смол содержится в дыме, полученном при сжигании ольхи.

Дым от лиственных пород дерева содержит больше смол, чем дым от хвойных пород. Весьма возможно, что это обстоятельство является причиной того, что при копчении лиственные породы древесины предпочитают хвойным; в практике копчения ольха считается лучшим топливом для копчения, чем береза и осина.

Почему при одном и том же содержании смол дым от разных пород древесины имеет различную проницаемость для прохождения света, пока не ясно. Возможно, что в основе этого явления лежит разная степень дисперсности частичек смолы в дыме.

Из изложенного следует, что при определении густоты коптильного дыма надо всегда учитывать породу сжигаемой древесины.

В практике копчения большое значение придается влажности древесины. Замечено, что при увеличении влажности древесины не только замедляется процесс копчения, но и ухудшается качество копченой продукции. Для выяснения влияния влажности древесины на содержание

в дыме смол и других веществ были проведены специальные опыты, результаты которых приведены в табл. 5.

Из табл. 5 видно, что влажность древесины оказывает существенное влияние на содержание разных составных частей дыма. Дым, полученный от более влажных дров, содержит меньше смол и больше сажи и конденсата.

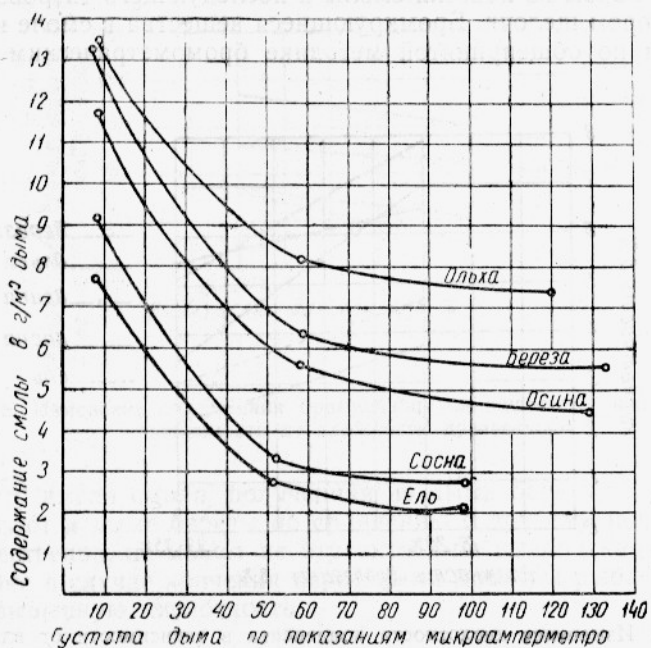


Рис. 5. Изменение содержания смолы в дыме различных пород дерева в зависимости от его густоты.

Таблица 5

Изменение количества смол, несгоревших частиц и конденсата в зависимости от влажности древесины (окоренная осина)

Влажность древесины в %	Густота дыма в микроамперах	Содержание в 1 м³ дыма		
		смолы в г	несгоревших частиц в мг	конденсата в мл
43	6,5	8,7	240	180
30	8,8	9,3	—	150
16	8,9	10,8	86	140

ВЛИЯНИЕ ПОРОДЫ И ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ НА СОДЕРЖАНИЕ В ДЫМЕ КИСЛОТ И БРОМИРУЮЩИХСЯ ВЕЩЕСТВ

Содержание в дыме смолы и конденсата может лишь косвенно характеризовать качество дыма применительно к копчению рыбы. Поэтому весьма интересно проследить как изменяется в зависимости от качества топлива содержание в дыме других веществ и, в частности, кислот и бромирующихся веществ, поскольку степень копчености продукта принято в настоящее время оценивать по этим показателям. Опыты про-

водились на описанной выше установке, причем сжиганию подвергались березовые, осиновые, ольховые, сосновые и еловые дрова влажностью от 18 до 35%. Густота дыма была в пределах от 10 до 30 микроампер.

Определение содержания кислот в конденсате проводили путем титрования его 0,1 N раствором гидрата окиси бария после фильтрации через бумажный фильтр. Летучие кислоты в смоле определяли путем отгонки их паром из навески смолы и последующего титрования дистиллята раствором щелочи. Бромирующиеся вещества в смоле и конденсате определяли по общепринятой методике бромометрическим способом.

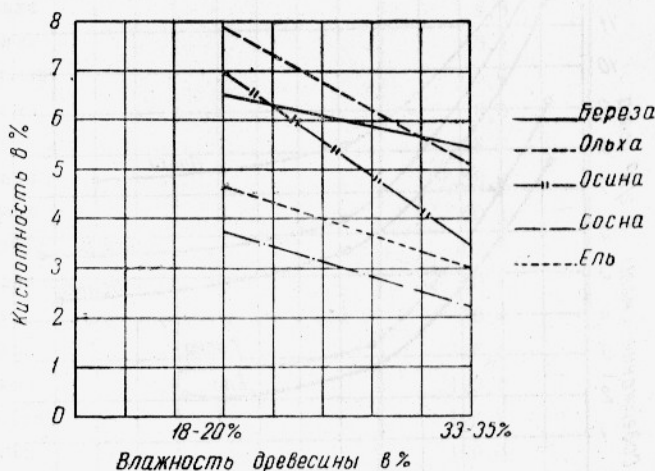


Рис. 6. Изменение кислотности конденсата в зависимости от влажности древесины.

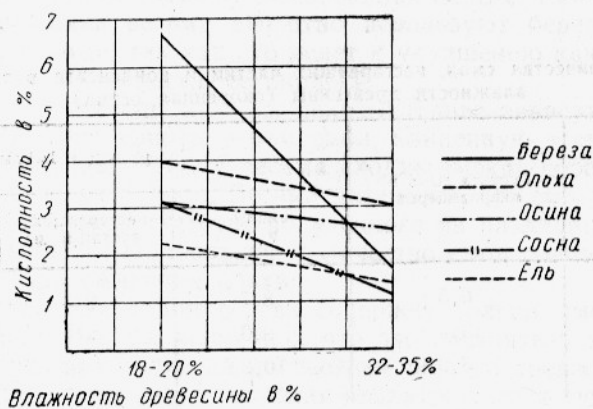


Рис. 7. Изменение содержания летучих кислот в смоле в зависимости от влажности древесины.

Было найдено (рис. 6), что кислотность конденсата снижается по мере увеличения влажности древесины. Интересно, что в опытах с лиственными породами древесины кислотность конденсата во всех случаях оказалась выше, чем в опытах с хвойными породами. При влажности древесины 18—20% кислотность конденсата от лиственных пород составляла 6,5—8,0%, а кислотность конденсата от хвойных пород—3,5—4,5%.

Повышение влажности древесины приводит также к уменьшению кислотности смолы (рис. 7). Кислотность смолы из дыма, полученного от лиственных пород древесины (так же как и кислотность конденсата) была выше кислотности смолы из дыма от хвойных пород. Наибольшую

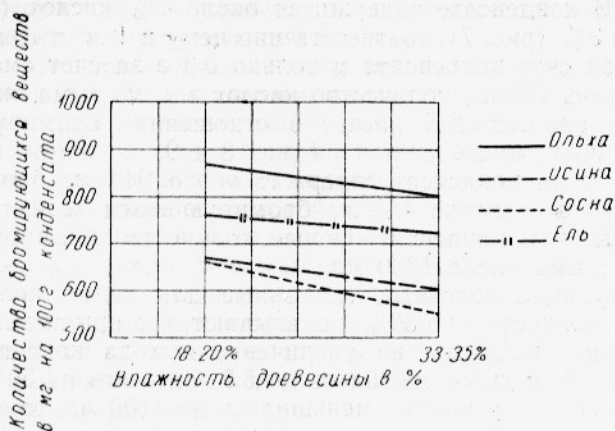


Рис. 8. Изменение содержания бромлирующих веществ в конденсате в зависимости от влажности древесины.

кислотность имела смола, полученная из дыма березы. Большее содержание кислот в дыме березы по сравнению с другими породами древесины, естественно, не может не отразиться на выкопченном продукте; и на практике в случае копчения березовыми дровами рыба, как правило, имеет повышенную кислотность.

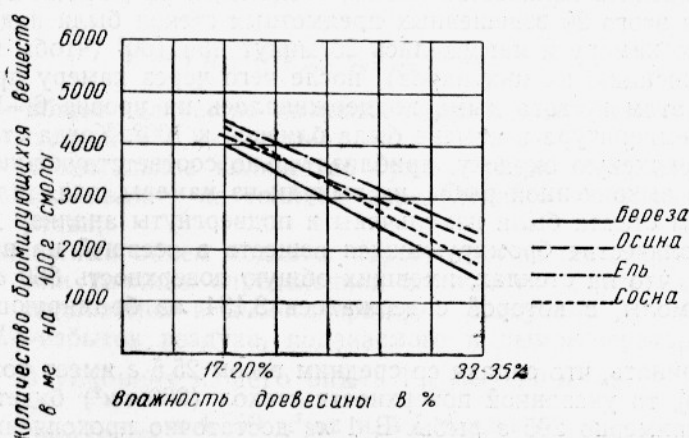


Рис. 9. Изменение содержания бромлирующих веществ в смоле в зависимости от влажности древесины.

Количество бромлирующих веществ в конденсате и смоле с увеличением влажности древесины уменьшается (рис. 8 и 9). При температуре дыма от 80 до 120° содержание бромлирующих веществ в конденсате колебалось от 550 до 1000 мг на 100 мл. При этих температурных условиях количество бромлирующих веществ в смоле составляло 1500—3500 мг на 100 г.

Каких-либо особенностей в содержании бромлирующих веществ в смоле, характерных для отдельных видов древесины, не было обнаружено.

Полученные экспериментальные данные дают возможность критически подойти к оценке роли смолы и конденсата в копильном дыме.

Из табл. 5 видно, что дым от осины, имеющей влажность 16%, при густоте 8,9 микроампер содержит в 1 м^3 около 140 мл конденсата и 10,8 г смол. В конденсате содержится около 7% кислот (рис. 6), а в смоле—около 3% (рис. 7), соответственно чему в 1 м^3 дыма содержится 9,8 г кислот за счет конденсата и только 0,3 г за счет смолы, то есть в 29 раз меньше. Общее количество кислот в 1 м^3 дыма около 10 г.

Произведя аналогичный расчет в отношении бромлирующих веществ (по данным, приведенным на рис. 8 и 9), находим, что полученный из 1 м^3 дыма конденсат содержит около 940 мг бромлирующих веществ, а смола—только 450 мг бромлирующих веществ, то есть в 2 раза меньше, чем конденсат. Общее количество бромлирующих веществ в 1 м^3 дыма около 1300 мг.

Соответствующие подсчеты, сделанные для дыма, полученного из древесины с влажностью до 30%, показывают, что при повышении влажности древесины, несмотря на увеличение выхода конденсата, общее количество кислот в дыме снизилось до 5,5 г, то есть на 50%, а количество бромлирующих веществ уменьшилось до 1100 мг, то есть почти на 16%. При этом содержание кислот в дыме за счет конденсата оказалось примерно в 22 раза большим, чем за счет смолы, а содержание бромлирующих веществ за счет конденсата—почти в 4 раза большим, чем за счет смолы.

Хотя приведенные расчеты весьма ориентировочны, тем не менее они позволяют судить о том, какое большое влияние на качество дыма оказывает повышение влажности древесины, и позволяют заключить, что в процессе копчения конденсату должна принадлежать отнюдь не маловажная роль. Чтобы проверить это предположение, была сделана попытка определить количество смолы, оседающей на рыбе во время копчения. Для этого 20 взвешенных предметных стекол были подвешены в копильную камеру и нагревались 20 минут при 100° (чтобы предупредить конденсацию на них паров), после чего через камеру пропускали дым. При этом густота дыма поддерживалась на уровне 6—10 микроампер, а температура в камере была близкой к 100° . Когда стекла приобрели коричневую окраску, приблизительно соответствующую окраске нормально выкопченной рыбы, их вынули из камеры, охладили и взвесили. Затем стекла были измельчены и подвергнуты анализу для определения количества бромлирующих веществ в осевшей на них смоле. Оказалось, что на стеклах, имевших общую поверхность 860 см^2 , осело 0,1414 г смолы, в которой содержалось 3,134 мг бромлирующих веществ.

Если принять, что салака со средним весом 25,5 г имеет поверхность $75,7 \text{ см}^2$ [6], то указанной поверхности стекол (860 см^2) будет соответствовать примерно 295 г рыбы. В 1 кг достаточно прокопченной рыбы должно содержаться не менее 50 мг бромлирующих веществ, из чего следует, что в 295 г рыбы бромлирующих веществ должно быть 14,7 мг. Однако из смолы дыма в мясо рыбы может поступить максимум 3,134 мг бромлирующих веществ, то есть всего лишь 21% требуемого количества.

Отсюда следует, что находящихся в смоле бромлирующих веществ, даже при условии их полного перехода в рыбу, будет недостаточно для придания ей запаха и вкуса копченого продукта и источником приобретения рыбой недостающих 79% бромлирующих веществ должен быть конденсат.

Для восполнения недостающего количества бромлирующих веществ необходимо, чтобы на 1 кг рыбы, имеющей поверхность около 2800 см^2 , осело около 6 мл конденсата.

ВЫВОДЫ

Изложенное позволяет сделать вывод о том, что в придании вкуса копченым продуктам главную роль играют продукты сгорания топлива, находящиеся в дыме в парообразном состоянии. Смола же в придании вкуса имеет второстепенное значение и главная ее роль заключается в придании продукту соответствующей окраски.

Исходя из приведенных выше данных, можно сделать следующий приблизительный расчет количества рыбы, которое можно выкоптить 1 м³ дыма. Если для придания рыбе требуемой окраски на 860 см² ее поверхности требуется осадить 0,1414 г смолы, то на 1 кг рыбы, имеющей поверхность около 2800 см², потребуется осадить 0,46 г смолы. Принимая, что 1 м³ дыма с густотой около 8,9 микроампер содержит 10,8 г смолы, находим, что смолы, содержащейся в 1 м³ дыма, достаточно, чтобы выкоптить около 24 кг рыбы. Конденсата дыма для копчения 1 кг рыбы требуется 6 мл, а всего в 1 м³ дыма содержится 140 мл конденсата, которого достаточно, чтобы выкоптить около 23 кг рыбы.

Как используется на практике дым в коптильных печах ленинградского типа, применяемых для копчения салаки на «шпроты», можно судить по следующему расчёту.

В указанных печах при правильном ведении процесса салака коптится в течение 25—30 минут, то есть такое же время, как в описанной выше лабораторной установке при густоте дыма 6—10 микроампер.

На основании этого предположим, что копчение рыбы в печах ленинградского типа проводится также при густоте дыма в 6—10 микроампер.

В условиях наших опытов такая густота дыма получалась в случае сжигания осиновых чурок с влажностью 16% при подаче воздуха в дымогенератор со скоростью 7,2 см³ в минуту. Общее количество получаемого при этом дыма приблизительно можно подсчитать по уравнению

$$V = V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{мин. сух. газ}} + \Delta L,$$

где: V —общее количество дымовых газов в 1 м³, получаемое при сжигании 1 кг топлива;

$V_{\text{мин. сух. газ}}$ —минимальное количество сухих газов, получаемое при сжигании 1 кг топлива определенного химического состава;

$V_{\text{H}_2\text{O}}$ —полный объем водяных паров, получающихся при сжигании топлива определенной влажности, с учетом влаги, подаваемой в дымогенератор с воздухом;

ΔL —избыток воздуха, подаваемого в дымогенератор.

В условиях нашего опыта $V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,99 \text{ м}^3/\text{кг}$;

$V_{\text{мин. сух. газ}} = 4,569 \text{ м}^3/\text{кг}$ и $\Delta L = 2,64 \text{ м}^3/\text{кг}$.

Отсюда $V = 0,99 + 4,569 + 2,64 = 8,2 \text{ м}^3/\text{кг}$.

По принятым нормам на копчение 1 т рыбы расходуется 0,44 м³ дров. Если считать, что вес 1 м³ осиновых дров полугодовой сушки равняется 365 кг [3], то вес 0,44 м³ составит 160 кг. Из этого количества топлива при сжигании должно получиться 1312 м³ дыма. Поскольку 1 м³ дыма содержит смолу и конденсат в количестве, достаточном для выкапчивания 23 кг рыбы, то при помощи 1312 м³ дыма представляется возможным выкоптить 30176 кг рыбы вместо 1000 кг по производственным нормам.

Таким образом, полезное использование дыма в печах ленинградского типа составляет всего 3%.

Предлагаемый показатель степени использования дыма может оказаться весьма полезным при оценке работы различных копильных печей.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Артемов И. С., Влияние паров посторонних веществ на форму частиц и на коагуляцию аэрозолей, «Новые идеи в области изучения аэрозолей», Сборник АН СССР, М.-Л., 1949.
 2. Гиббс Вильям, Аэрозоли, Ленинград, 1929.
 3. Ковальчук Ф. И. и Чигринцев Н. И., Технология сушки плодов и овощей, Пищепромиздат, 1938.
 4. Леванидов И. П. и Подсевалов В. Н., Технология рыбных продуктов, Гизлегпищепром, 1953.
 5. Макарова Т. И., Качественный состав копильной жидкости, Труды ВНИРО, т. IX, Пищепромиздат, 1939.
 6. Семенов Н. А., Степень просаливания рыбы в зависимости от ее размеров, Труды ВНИРО, т. XX, Пищепромиздат, 1952.
 7. Полуниин С. В. и Холодовский Г. Е., Приборы теплового контроля, Энергоиздат, 1934.
 8. Суржин С. Н., Производство копильной жидкости и ее применение при посоле сельди, Пищепромиздат, 1951.
 9. Федосеев В. А., Менакин Б. А. и Дементянова З. М., Взаимная коагуляция аэрозолей, «Коллоидный журнал», т. XIV, № 6, 1952.
 10. Шаган И. Б., Нефелметрический метод исследования дымов в производственных условиях, Ленинград, 1946.
 11. Уайтлоу Грей, Дым, Ленинград, 1934.
 12. Cutting C. L., The General Principles of Smoke Curing of Fish, London, 1951.
 13. Lovern S. A., Chemistry and Advances in Fish Processing, The Fishing News, October, 25, 1952, No. 2062.
 14. Pettit A.E.I. and Lane F. G., Journal of the Society of Chemical Industry, Vol. 59, No. 6, June, 1940.
 15. Schroones I. G., Über Rouch und Räuchern, Die Fischwaren und Feinkostindustrie, H. 3, Marz, 1953.
-