

К ВОПРОСУ ОБ ОХЛАЖДЕНИИ РЫБНОГО ФИЛЕ

В. Х. Озолинг

ON THE QUESTION OF CHILLING FISH FILLETS

By V. Ch. Osoling

В производстве охлажденного филе на предприятиях Европы и Америки процесс охлаждения этого продукта не является отдельным технологическим процессом, а производится при перевозке или хранении филе; для этого филе упаковывается обыкновенно в жестяную или деревянную тару и засыпается льдом.

Для повышения качества филе и придания ему большей стойкости при хранении желательнее возможно быстрее довести температуру филе до ее постоянного значения при хранении.

Возможные методы охлаждения филе могут быть в зависимости от вида тары разделены на две группы:

1. Быстрое охлаждение филе, упакованного в металлическую тару, в рассоле.

2. Быстрое охлаждение отдельных филейчиков (в пергаменте или без него).

В первом случае большая скорость охлаждения возможна даже при относительно значительной толщине тары с филе благодаря высокому коэффициенту теплопередачи в жидкой среде.

Во втором случае значительно худшие условия теплопередачи отчасти компенсируются меньшей толщиной охлаждаемого объекта и процессом испарения поверхностной влаги.

В нашей работе мы остановились только на втором методе.

Прежде, чем перейти к описанию основных опытов по нахождению подходящей температуры охлаждения, необходимо вкратце остановиться на влиянии испарения влаги на процесс охлаждения влажных объектов. Для практического разрешения этого вопроса нами была поставлена специальная серия опытов с небольшими кусками мускульной ткани судака кубической формы, часть которых до охлаждения подсушивалась, а другая поступала в охлаждающий аппарат с влажной поверхностью. Как и следовало ожидать, характер полученных в обоих случаях кривых довольно резко отличался друг от друга.

В условиях простой теплопередачи температура охлаждаемого тела постепенно приближается к температуре охлаждающей среды (при большой массе последней); в пределах небольших перепадов температур кривая охлаждения весьма медленно асимптотически подходит к температуре охлаждающей среды, а следовательно, практически этот процесс требует для своего завершения значительного промежутка времени.

Наши опыты по изучению быстрого охлаждения филе в воздухе мы проводили в несколько других условиях. В качестве опытного материала нами были взяты куски мускульной ткани судака кубической формы. Часть последних поступала в сушилку для предварительного подсушивания, затем уже подвергалась охлаждению; остальные охлаждались без предварительного подсушивания, с влажной поверхностью.

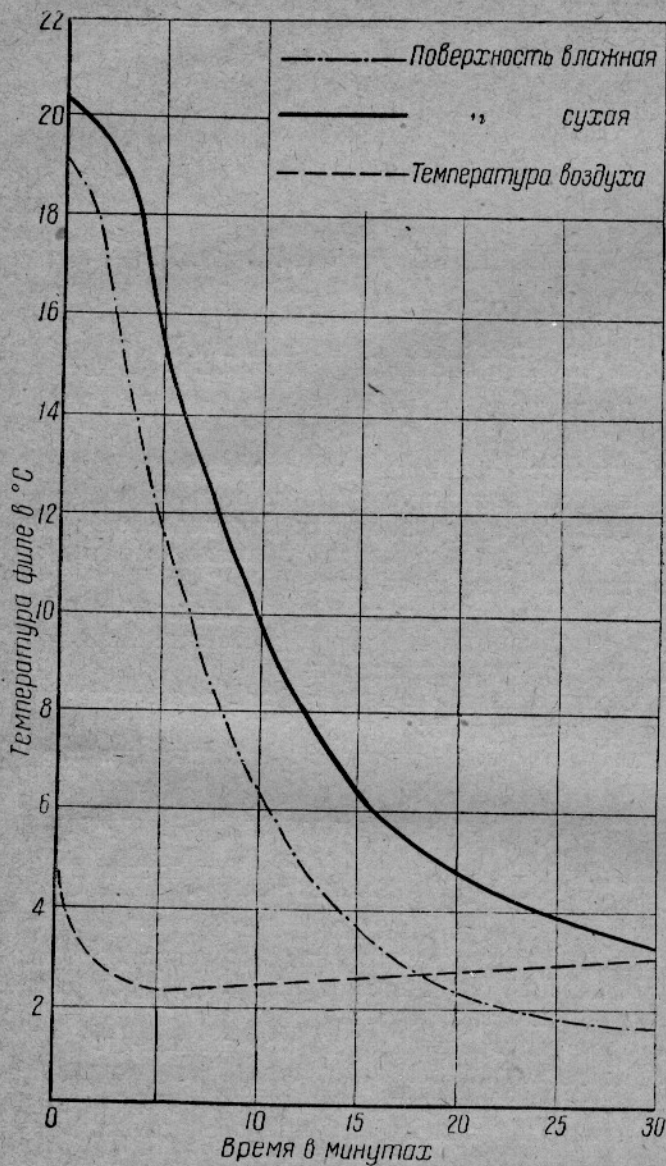


Рис. 1. Продолжительность охлаждения кубика филе в зависимости от состояния его поверхности (при скорости воздуха 6 м/сек).

Характер кривых охлаждения кубиков с влажной поверхностью (вес их в среднем равнялся 40 г) виден на рис. 1 и 2; наклон кривых по отношению к оси абсцисс меняется не очень резко; медленного асимптотического сближения не наблюдается. Вместо этого кривая охлаждения кубика с влажной поверхностью подходит под значительным углом к кривой температур воздуха и пересекает ее, спускается дальше вниз и только по достижении психометрической разности, соответствующей относительной влажности воздуха в аппарате охлаждения, переходит в кривую, параллельную кривой температуры воздуха.

Из тех же кривых отчетливо видно, насколько уменьшает-

ся интенсивность процесса охлаждения в том случае, если поверхность куска филе предварительно подсушена. Так, например, на рис. 2 обе кривые выходят из одной точки оси ординат (17°) и сначала почти совпадают; наклон кривой 1 несколько больше в тот момент, когда она достигала и пересекала кривую температуры воздуха, кривая 2 еще имеет в это время перепад в 2° по отношению к температуре последнего. Конечно, и для подсушенных кусочков процесс испарения имеет некоторое значение и также способствует более быстрому их охлаждению.

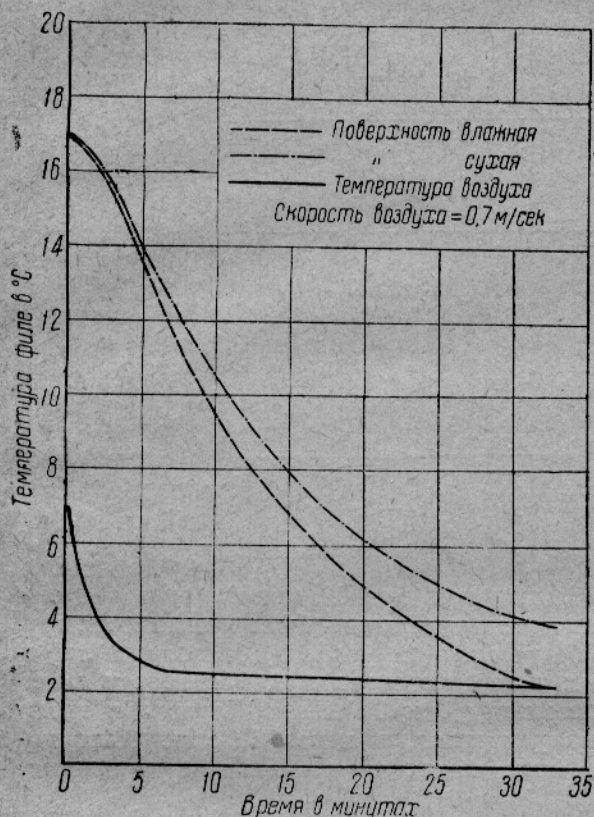
Самым существенным вопросом при выработке рационального режима охлаждения филе является подбор температур. Вначале нами применялись высокие температуры, близкие к 0° . Мы предполагали, что при применении более низких температур неизбежно наступит большее или меньшее подмораживание филе.

Когда же мы перешли к работам с сравнительно низкими температурами (-12 , -15 и даже -20°), то результат получился совершенно неожиданный: филе, необработанное предвари-

тельно растворами NaCl , действительно подмерзло с лобовой стороны и в угловых тонких частях куска; филе, обработанное указанными растворами, совершенно не подмерзло.

Степень подмораживания даже необработанного филе при указанных минимальных температурах была все же незначительной. Следовательно, препятствий технологического порядка для применения низких температур не имеется. Из приведенного ниже цифрового материала видно, что понижать температуру воздуха ниже -10 , -15° нет необходимости: путем использования скоростей воздуха порядка $2-3$ м/сек и даже меньше можно достигнуть очень хороших результатов.

Рис. 2. Продолжительность охлаждения кубика филе в зависимости от состояния его поверхности.



В пределах минусовых (-10 , -15 и -20°) температур наши опыты проводились при двух значениях скорости воздуха: $V=0$ и $1,3$ м/сек.

Графическое изображение результатов опытов дает кривую со значительным наклоном (рис. 3), указывающим, в какой степени процесс охлаждения зависит от перепада температур. Из сопоставления отдельных цифровых данных видно, что температуры от 0 до -15° мало пригодны для охлаждения филе в неподвижном воздухе, так как процесс охлаждения при этом чрезмерно затягивается. Скорости охлаждения при -20° являются в этом отношении более благоприятными. Охлаждение филе при $V=1,3$ м/сек приводится на том же рис. 3. При наличии движения воздуха процесс охлаждения резко ускоряется, причем температуры в -15 и даже в -10° обеспечивают значительное ускорение процесса охлаждения.

Чтобы выяснить более полно зависимость процесса охлаждения филе от скорости движения воздуха, нами было проведено значительное количество опытов, из которых наиболее характерные сведены в график на рис. 4.

Кривую на рис. 4 с некоторым приближением можно разбить на три интервала, характеризующих скорости движения воздуха. В

интервале между 0 и 1 м/сек., а следовательно, при незначительном изменении скорости воздуха, можно достигнуть значительного ускорения процесса охлаждения. Это положение подтверждается с большей ясностью одним из наших опытов.

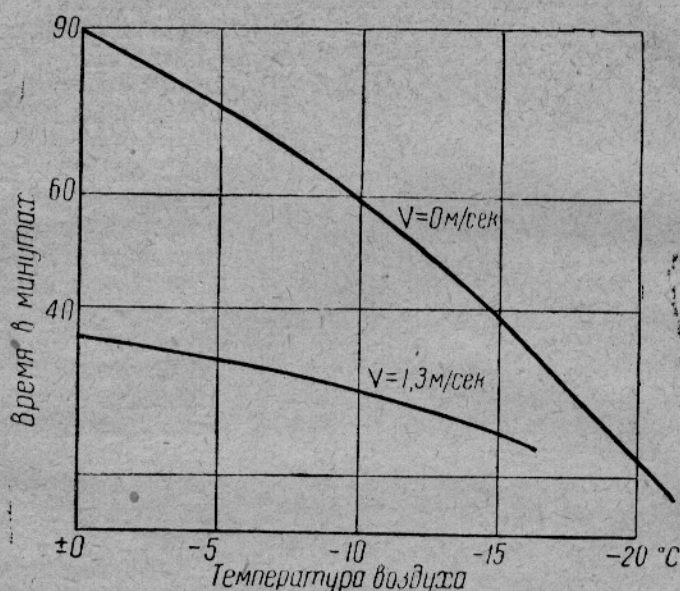


Рис. 3. Зависимость продолжительности охлаждения филе от скорости движения воздуха.

Несколько кусков филе охлаждались при 0° , причем вместо очень слабых конвекционных токов, которыми можно было практически пренебречь ($V=0$ и 1 м/сек), были созданы условия, благоприятствующие возникновению сильных конвекционных токов, скорости которых находились в интервале между 0 и 0,5 м/сек. Благодаря этому процесс охлаждения заметно ускорился, и через 60 мин. была достигнута та же температура филе, какая имела место через 90 мин. при $V=0$ м/сек.

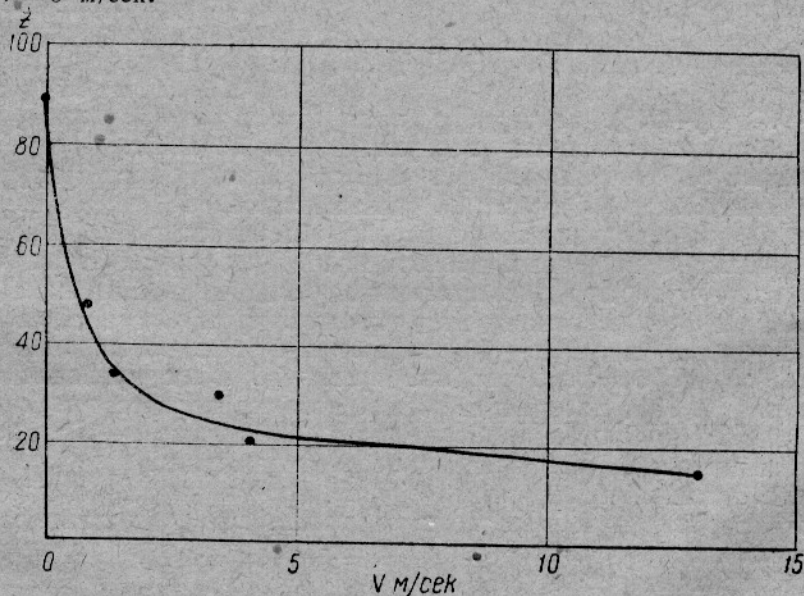


Рис. 4. Зависимость продолжительности охлаждения филе от скорости движения воздуха ($t \approx +20^\circ$)

При повышении скорости движения воздуха в интервале от 1 до 3 м/сек достигается значительно меньшая интенсификация процесса охлаждения. Наконец при повышении скоростей воздуха в интервале свыше 3 м/сек. ускорение процесса охлаждения происходит очень медленно.

Из этого следует сделать практический вывод, что при установлении режима охлаждения филе не следует повышать скорость воздуха больше 2-3 м/сек, так как это дает незначительное ускорение процесса охлаждения при значительном возрастании расхода энергии на работу вентиляторов.

В процессе охлаждения часть влаги испаряется с поверхности филе, ускоряя тем самым процесс охлаждения. Однако проникший в мускульную ткань при предварительной обработке раствор не успевает целиком испариться, как это видно из табл. 1 и 2 (вес филе в граммах).

Таблица 1

№ филе	До обработки	После обработки	Привес (в %)
1	201,5	212,7	5,57
2	219,1	228,7	4,38

Таблица 2

№ филе	До охлаждения	После охлаждения	Усушка (в %)	Суммарное изменение веса (в %)
1	212,7	208,3	-2,06	+3,51
2	228,7	224	-2,05	+2,33

Для более полного представления о процессе охлаждения приводим несколько характерных кривых охлаждения.

На рис. 5 даны три параллельные кривые для охлаждения филе при температуре в -15° и скорости воздуха, весьма близкой к нулю. Как видно, все три кривые приближаются к прямой. Это отчасти объясняется значительностью перепада температур.

Особенностью этих кривых является то, что во всех кусках, равных между собой по размерам, термометры были вставлены на различную глубину. Для филе № 1 минимальное расстояние от ртутного шарика термометра до поверхности равнялось 13 мм, для филе № 2—5 мм и, наконец, ртутный шарик в филе № 3 находился почти на поверхности филе. Несмотря на это, принципиального различия в полученных кривых незаметно. Этот парадоксальный на первый взгляд факт объясняется в основном двумя причинами. С одной стороны, ртутный шарик, благодаря своей большой толщине, показывает не истинную температуру в некоторой точке или тонком слое ткани, а указывает только суммарную температуру слоя, несколько превышающего диаметр шарика и состоящего от 20 до 25% общей толщины филе. С другой стороны, филе имеет настолько незначительную толщину, что значительные температурные перепады не успевают образоваться в нем в течение процесса охлаждения.

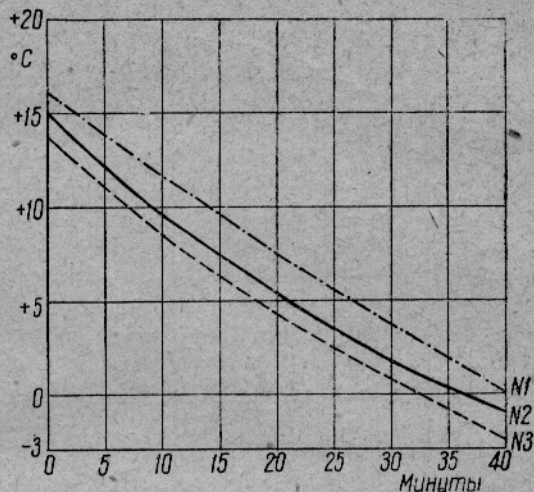


Рис. 5. Процесс охлаждения филе при температуре воздуха в -15° и $V_{\text{возд.}} = \infty 0$ м/сек.

Последним объясняется и отсутствие подмораживания филе даже при низкой температуре и повышенном значении коэффициента теплоперехода α при больших скоростях воздуха.

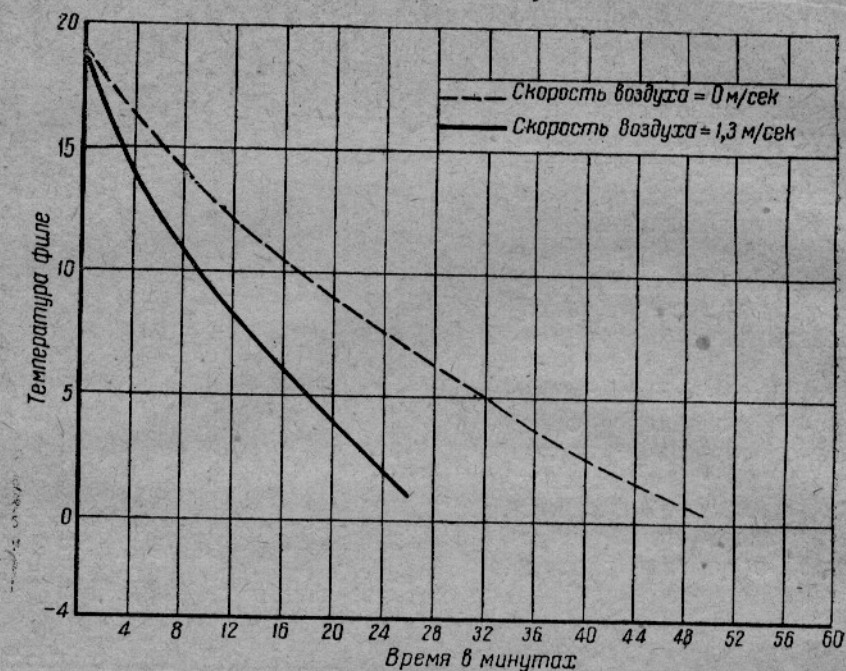


Рис. 6. Продолжительность охлаждения филе при -10° в зависимости от скорости воздуха.

Наконец, на рис. 6 даны для сравнения кривые охлаждения при -10° , полученные как при $V=1,3$ м/сек, так и при $V=0$ м/сек.

При сопоставлении всего полученного нами цифрового материала по охлаждению отдельных кусков филе в потоке воздуха получается очень любопытная серия прямых (рис. 7), наглядно показывающих зависимость между температурой воздуха, скоростью его движения и продолжительностью охлаждения. Конечно, необходимо иметь в виду, что прямые эти обладают некоторой условностью, так как не все опыты по охлаждению делались при строго одинаковых значениях толщины филе и его первоначальной температуры.

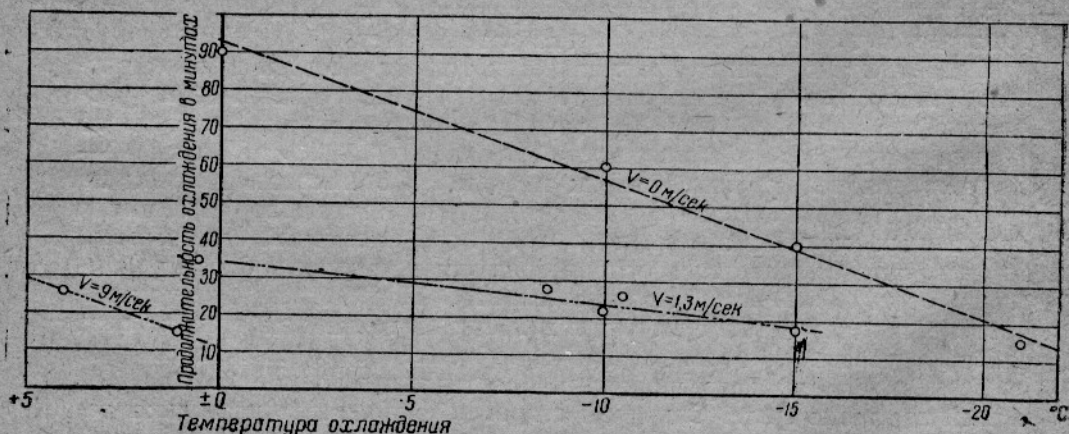


Рис. 7. Зависимость продолжительности охлаждения филе от температуры воздуха при различных его скоростях

Резюмируя, можно сказать, что:

1. Охлаждение филе возможно проводить при температурах воздуха значительно более низких, чем точка его замерзания.
 2. Скорости воздуха порядка 1-3 м/сек позволяют значительно интенсифицировать процесс охлаждения, что дает возможность применять для охлаждения филе компактные охладители с побудительной циркуляцией воздуха.
 3. Привес филе, имеющий место при его закреплении в растворе NaCl, полностью покрывает усушку филе, наступающую при охлаждении.
-

SUMMARY

Experiments for studying the chilling process of the fish fillet by using a current of frigid air have shown that temperatures lower than the freezing point of the fillet itself can be used for this purpose.

By using air with a current velocity of about two to three meters a second, the speed of chilling can be considerably increased. Consequently, an apparatus with intensive air circulation can be used for chilling.

The overweight in consequence of a preliminary treatment of the fillet in the fixing liquid compensates the decrease of weight during the chilling process.
