

Спектральные и энергетические характеристики некоторых «темных» инфракрасных излучателей

Канд. техн. наук Г. БАБАНОВ, канд. техн. наук А. БУ-
ЛЕНДРА, В. ДОРОЩУК, Б. ВЕРБИЦКИЙ
УкрНИИмясопром, Киевский технологический институ-
т пищевой промышленности

Исследованиями [1, 2] установлено, что в процессе термической обработки продуктов применение инфракрасного (ИК) излучения позволяет увеличить количество подводимой энергии в 50–70 раз по сравнению с самыми интенсивными процессами конвективного подвода тепла. Это связано с тем, что ИК излучение незначительно (2–3%) поглощается средой и достигает непосредственно поверхности продукта. Однако мясные продукты термолabile и такое увеличение интенсивности практически не всегда может быть достигнуто.

Для эффективного использования ИК излучения требуется, чтобы оптические свойства обрабатываемых изделий соответствовали спектральным и энергетическим характеристикам ИК излучателей, т. е. чтобы длина волны λ_{max} , на которую приходится максимальная интенсивность излучения $i_{\lambda_{max}}$ приходилась бы на область длин волн, где спектральный коэффициент отражения ρ_{λ} и пропускательная способность τ_{λ} имеют минимальное значение. Кроме того, необходимо знать поля облученности, создаваемые как отдельно взятыми, так и системами ИК излучателей, исходя из этого, производя энергетический расчет ИК установок.

В специальной литературе имеются данные по спектрам пропускания ИК излучений для воды, мяса, рыбы и фарша [3–4]. Широкие исследования по отражательной способности некоторых мясопродуктов были проведены специалистами Московского технологического института мясной и молочной промышленности [5], которые установили, что минимальное значение ρ приходится на область спектра $\lambda = 2,4$ мкм.

Известно, что в результате ИК нагрева мясопродуктов начинается денатурация белков, снижающая пропускательную способность продуктов. В связи с этим исследования пропускательной способности фарша, ранее начатого до 70°C токами промышленной частоты, имеют практическое значение для определения оптимальных параметров промышленных установок, в которых используется комплексный нагрев электроконтактным способом и ИК излучением (например, установки для производства сосисок без оболочки).

Целью исследований, проведенных в Украинском научно-исследовательском институте мясной и молочной промышленности и Киевском технологическом институте пищевой промышленности, было определение пропускательной способности фарша из говядины I сорта и жирной свинины в соотношении 1:1, спектральных и энергетических характеристик некоторых «темных» ИК излучателей. На спектрометрах типа VR-20 и НКС-12 исследован сырой фарш и фарш, нагретый до 70°C токами промышленной частоты. Для приготовления толчих срезов толщиной 0,06; 0,1 и 0,15 мм применяли санимый микротом с термо-

электрическим охлаждающим столиком типа ТЭС-1, имеющим селеновый выпрямитель.

Ввиду большого влагосодержания фарша, кюветы спектрометра из-за их гигроскопичности непригодны для этих целей. Поэтому были специально изготовлены стекла для кювет из флюорита, который негигроскопичен и обладает хорошей пропускательной способностью в ИК области спектра до 9 мкм.

Собственное излучение образца не превышало 3% от падающего. Это позволяет утверждать, что изменений состояния образца за время снятия спектрограммы не происходит. В связи с тем, что «темные» промышленные ИК излучатели примерно до 90% лучистой энергии излучают в диапазоне длин волн от 1,6 до 6 мкм, исследование спектров пропускания фарша было ограничено этой областью.

На рис. 1 приведены кривые пропускания лучистого потока сырым и свернувшимся фаршем. На всех кривых наблюдается ярко выраженная область максимального поглощения ИК излучения между 2,7 и 3,5 мкм, кроме того, наблюдается некоторое увеличение пропускательной способности в области менее 2,7 мкм по сравнению с областью более 3,5 мкм. Лучшее пропускание в области до 2,7 мкм для животных тканей отмечено всеми изучавшими этот вопрос [6]. Очевидно, фотоны более коротковолнового излучения обладают большей энергией, поэтому и проникают на большую глубину.

Область сильного поглощения между 2,7 и 3,5 мкм соответствует характерной полосе поглощения воды (около 3 мкм).

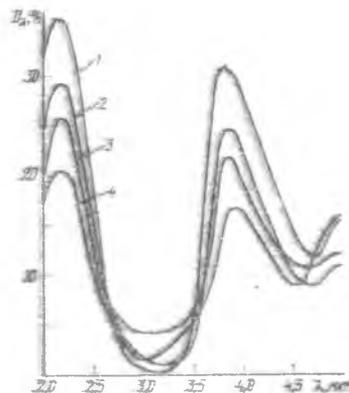


Рис. 1. Зависимость спектральной пропускательной способности фарша сосисок без оболочки (D_{λ}) от длины волны (λ): 1 — фарш сырой, толщина среза 0,6 мм; 2, 3, 4 — фарш свернувшийся, толщина среза соответственно 0,06; 0,1; 0,15 мм.

Ввиду того что миксродуты, как показали исследования, имеют зону максимальной области поглощения при длинах волн 2,7—3,5 мкм, для поверхностной обработки их целесообразно применять ИК излучатели с длиной волны $\lambda_{\text{макс}}$ в указанном диапазоне.

Кроме того, мы исследовали спектральные и энергетические характеристики «стемных» ИК излучателей, выпускаемых Фастовским заводом электротермического оборудования.

Исследования спектральных характеристик указанных типов излучателей проведены с использованием инфракрасного спектрометра ИКС-12. Излучатели помещали в специальные цилиндрические экраны, которые размещались на месте стационарного источника излучения спектрометра — галогена. Для поддержания постоянной температуры экраны излучателей охлаждали проточной водой, что обеспечивало стабильность работы спектрометра. С помощью экранов-диафрагм выделялись средние участки излучающих элементов ИК излучателей; их излучение затем фокусировалось на шельф монохроматора. Установлено, что $\lambda_{\text{макс}}$ этих излучателей приходится примерно на интервал длин волн $\lambda_{\text{макс}} = 3,0\text{--}4,0$ мкм.

Характерная зависимость $i_{\lambda} = f(\lambda)$ ИК излучателя типа НВС 0,65/1,2 представлена на рис. 2. Как видно из рисунка $\lambda_{\text{макс}}$ ИК излучателя при $N_{\text{ном}}$ приходится примерно на 3,05 мкм и при изменении $N_{\text{ном}}$ до 120 В $\lambda_{\text{макс}}$ смещается примерно до 4,0 мкм.

На всех кривых $i_{\lambda} = f(\lambda)$ наблюдаются значительные полосы поглощения при $\lambda_1 = 2,9$ мкм и $\lambda_2 = 4,2$ мкм. Наблюдаемое поглощение следует объяснить поглощением ИК лучей парами воды и углекислыми газом атмосферы.

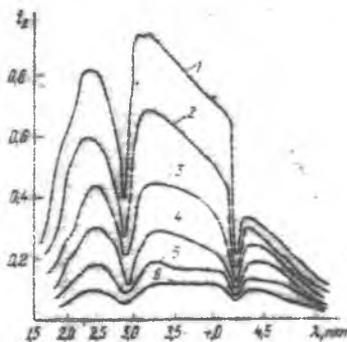


Рис. 2. Зависимость относительных спектральных интенсивностей величины излучения (i_{λ}) излучателя НВС 0,65/1,2 от длины волны при напряжениях питания: 1 — 250; 2 — 200; 3 — 100; 4 — 100; 5 — 140; 6 — 120 В.

Энергетические характеристики ИК излучателей, приведенные на рис. 3, были сняты при различных высотах. Излучатели укрепляли над координатной сеткой, величина ячеек которой соответствовала размерам приемной площадки бадисомера (45×45 мм). В качестве приемника лучистой энергии был использован выпускаемый серийно баллономер М-К в совокупности с гальванометром ГСА-1.

На рис. 3 приведена также зависимость $E = f(H)$ при $\beta = 0$ и $\alpha = 0,2$ ж, которые имеют линейный характер (кривая 6). Эти зависимости $E = f(H)$ могут быть использованы для регулирования процессов термической обработ-

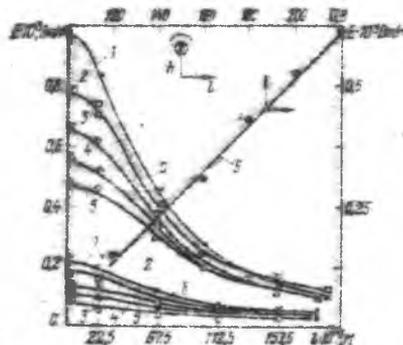


Рис. 3. Поля облученности E излучателя НВС 1,02/0,3 при различных высотах от излучателя до поверхности обрабатываемого продукта (h) в зависимости от расстояния (H) от оси симметрии излучателя в перпендикулярном направлении:

а — с рефлектором; б — без рефлектора; 1 — $h=0,1$; 2 — $0,15$; 3 — $0,2$; 4 — $0,25$; 5 — $0,3$ м; 6 — зависимость облученности E от направления питания излучателя НВС 1,02/0,3 с рефлектором при $h=0,2$ и $\alpha=0$.

ки термолабильных продуктов, и в частности микробов. Использование этих данных освобождает от трудоемкой операции регулирования расстояния от ИК излучателя до обрабатываемых продуктов.

Результаты исследований оптических свойств микробной флоры и спектральных характеристик «стемных» ИК излучателей свидетельствуют, что для поверхностной обработки сосисок без оболочки можно применять излучатели миксовского завода «Электроаппарат» типа ЭТ-250 (250 Вт); и Фастовского завода электротермического оборудования НВС 0,65/1,2 (1200 Вт), ЭТ-400 (400 Вт), ЭТ-700 (700 Вт). Однако по конструктивным и тепловым расчетам в установке для производства сосисок без оболочки целесообразно применить ИК излучатель типа ЭТ-250. Энергетические и спектральные характеристики этого излучателя мы изучали ранее [7].

Был изучен вопрос воздействия ИК излучения на микрорифлору бесструктурных колбас [8, 9]. В качестве источника излучения применяли кварцевый излучатель НИК-1000 ($\lambda_{\text{макс}} = 1,04$ мкм) и открытую нихромовую спираль ($\lambda_{\text{макс}} = 2,4$ мкм). Исследователи пришли к выводу, что ИК лучи в этих диапазонах длины волны обладают бактерицидными свойствами.

Нам (совместно с лабораторией микробиологии мяса УкрНИИмясоиндустрии) также исследована эффективность воздействия ИК излучения в более далекой области ИК спектра на естественную и искусственно внесенную микрофлору при производстве сосисок без оболочки. В качестве излучателя применяли электронагревателя типа ТЭИ; а тест-объектами служили культуры бактерий условнопатогенной группы — *Salmonella cholerae suis*, *E. coli* Bact. proteus Vulgaris, Bact. proteus mirabilis и *Staphylococcus aureus*.

Облучение производили двумя излучателями типа ЭТ-250, плотность теплового потока составляла 2400 Вт/м². На основе проведенного эксперимента установлено, что использование ИК излучения при производстве сосисок без оболочки обеспечивает санитарное благополучие готового продукта при температуре в середине батона 72—75°C, продолжительности нагрева 5 мин и плотности теплового потока — 2400 Вт/м². Таким обра-

ИК инфракрасное излучение в диапазоне длин волн 2,7—25 мкм может быть использовано в производстве сосисок без оболочек для поверхностной обработки фарша, ранее сквашиваемого методом электриконтактного метода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рогов И. А., Горбатов А. В. Новые физические методы обработки мясопродуктов. М., «Пищевая промышленность», 1966 с. 134, 156.

2. Гвизбург А. С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности. М., «Пищевая промышленность», 1966, с. 157.

3. Мелех Е. И. Исследование пропускания тканями фарша интегрального и спектрального потоков инфракрасных излучений. Сб. «Новые физические методы обработки пищевых продуктов». Киев, Гостехиздат УССР, 1963, с. 169—175.

4. Головочкин А. Е. Исследование применения ИК

излучения в отдельных термических процессах мясной технологии. Диссертация, МТИММП, М., 1967.

5. Обзорная информация. Обработка мясопродуктов инфракрасным излучением. М., ЦНИИТЭИ, 1971, с. 20—24.

6. Рогов И. А., Жукос Н. Н. Применение инфракрасного излучения в отраслях пищевой промышленности. М., ЦНИИТЭИлегпищемаш, с. 8—16.

7. Душенко В. П., Буляндра А. Ф., Кучерук И. М. Исследование спектральных и энергетических характеристик некоторых «тепных» ИК излучателей. Сб. «Электротермия», вып. 67, 1966.

8. Воздействие инфракрасного излучения на микрофлору колбасного фарша. — «Мясная индустрия СССР», 1964, № 4, с. 48. Авт.: Корнеев И., Федоров Н., Рогов И., Горбатов А., Головкин А.

9. Влияние ИК излучения на микрофлору колбасного фарша. — «Мясная индустрия СССР», 1967, № 8, с. 33—34. Авт.: Федоров Н., Рогов И., Головкин А., Корнеев И., Билетова Н.