

РАДИАЦИОННЫЙ НАГРЕВ БЕЛОГО ЛЮПИНА

Зверев С.В., *д-р техн. наук*

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки», г. Москва

Люпин – бобовая культура больше знакомая в России любителям цветов, чем кулинарам. Тем не менее, во многих странах мира зерно люпина с незапамятных времен являлось источником качественного растительного белка, практически не уступающего соевому.

Именно поэтому, учитывая сопоставимость основных биохимических показателей с соей и более высокую урожайность, люпин может стать эффективной альтернативой в тех областях пищевой и комбикормовой промышленности, где она широко используется [1]. Тем более, что пока отсутствуют ГМО сорта люпина и остро стоит вопрос импортозамещения сои.

Использование сои без термообработки не желательно, а часто и опасно. Вопрос о целесообразности термообработки зерна люпина каждый специалист решает самостоятельно, исходя из конкретной ситуации и своих убеждений. И хотя полностью инактивировать основные антипитательные вещества люпина – алкалоиды и ликвидировать, связанный с ними, горьковатый вкус не удастся, тем не менее, отметим ряд положительных технологических и потребительских эффектов:

1. Умеренная денатурация белка способствует более эффективному его усвоению у некоторых групп животных и птицы.

2. Термообработка снижает растворимость белка, т.е. формирует т.н. «защищенный» белок с улучшенным показателем НРП (не растворяющийся в рубце протеин), что повышает эффективность его использования в рационах жвачных животных.

3. Тепловое воздействие на углеводный комплекс способствует деструкции его компонент на более легко усвояемые формы.

4. Имеет место обеззараживание семян.

5. Наблюдается частичная инактивация антипитательных веществ, в частности, алкалоидов в люпине (до 30 %).

6. Улучшается вкус и запах, вследствие чего – поедаемость корма.

Из широкого набора методов и средств тепловой обработки зерна остановимся на высокотемпературной микронизации – нагреве в потоке инфракрасного (ИК) излучения [2]. Метод удобен для предприятий малой и средней производительности и нашел применение в зернопереработке [3]. Поскольку передача энергии зерну в этом случае осуществляется как радиационным, так и конвективным путем, постольку на процесс ИК нагрева, кроме вида продукта, оказывают влияние режимы термообработки – облученность и температура среды в зоне обработки. Очевидно, что с их ростом скорость нагрева возрастает. Меняется и скорость сопутствующего процесса – дегидратации (потеря влаги).

В зависимости от сочетания облученности, температуры среды и влажно-

сти зерна процесс ИК нагрева может сопровождаться рядом внешних эффектов:

- вспучиванием зерна,
- растрескиванием оболочки, сопровождаемым характерным звуковым потрескиванием,
- потемнением поверхности зерна, что и является естественным пределом процесса нагрева.

Кроме того, отметим anomальное поведение зависимости для температуры (рис.1 зависимость 1) при жестких режимах нагрева – прекращается рост температуры зерна, более того, температура даже снижается.

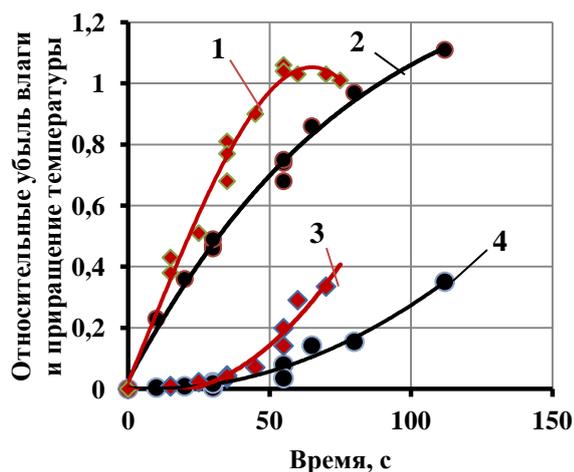


Рис. 1. Графики зависимости приращения относительной температуры (1 и 2) и убыли относительного влагосодержания (3 и 4) при: 1 и 3 – облученность 17 кВт/м^2 , температура среза в зоне обработки $275 \text{ }^\circ\text{C}$; 2 и 4 – облученность 11 кВт/м^2 , температура среза в зоне обработки $238 \text{ }^\circ\text{C}$

В этот момент и слышно характерное потрескивание. Эти явления можно связать с деструкцией зерна под действием внутреннего избыточного давления, образованием открытых трещин и адиабатическим расширением парогазовой смеси, что приводит к временному снижению скорости роста или даже понижению температуры.

Если режимы оказывают существенное влияние на скорость нагрева, то влияние влаги менее значимо. На рис. 2 даны соответствующие кривые относительных приращения температуры ($\Delta T/100$) и убыли влаги ($\Delta U/U_0$) для трех значений исходной влажности зерна.

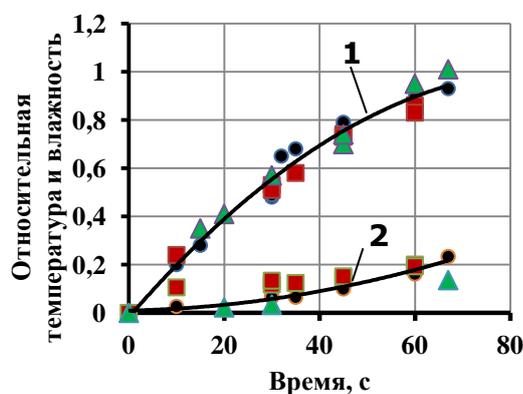


Рис. 2. Относительные приращение температуры (1) и убыль влаги (2) зерна белого люпина влажностью 10-17 % в процессе нагрева

Как видно, в рассмотренном диапазоне можно говорить об инвариантности зависимости приращения температуры от времени к исходной влажности.

В качестве математической модели нагрева (без учета слабого влияния влажности) предлагается выражение [3]:

$$\Delta T(t) = (K_e E + K_T \Delta T_c)[1 - \exp(-K_t t)],$$

где E – облученность, Вт/м²;

t – время обработки, с;

$\Delta T_c = T_c - T_0$;

T_c – температура среды;

T_0 – начальная температура продукта и среды, К;

K_e, K_T, K_t – эмпирические коэффициенты.

В результате лабораторного эксперимента для зерна белого люпина сорта «Дега» были получены эмпирические зависимости $\Delta T(t)$ при варьировании облученностью и температурой в зоне обработки и идентифицированы параметры K_e, K_T, K_t выражения. Облученность (0 – 17 кВт/м²) оценивалась расчетным путем по специально разработанной программе [3]. Температура среды (142 – 275 °С) и зерна контролировались термопарным термометром.

На рис.3 приведены расчетные и экспериментальные значения приращения температуры зерна белого люпина исходной влажностью 7-9%.

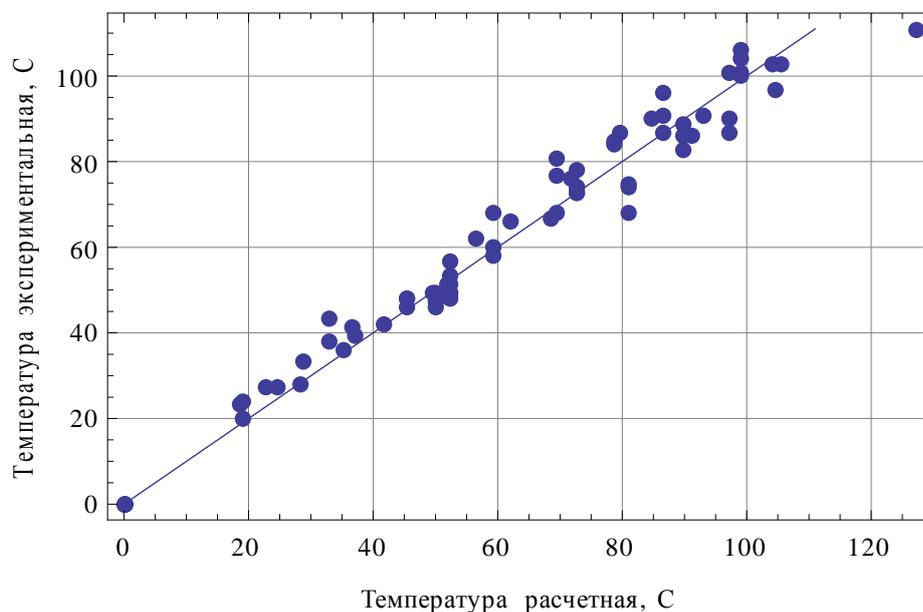


Рис. 3. Расчетные и экспериментальные значения температуры зерна люпина при ИК нагреве ($K_e = 1.82, K_T = 0.759, K_t = 0.0106$, коэффициент множественной корреляции 0.994).

Облученность (0–17 кВт/м²), температура среды (142-275 °С), исходная влажность 7-9 %

Полученные значения K_e и K_T позволяют количественно оценивать раздельное влияние облученности и температуры среды в зоне обработки на параметры процесса нагрева белого люпина.

При интенсивном облучении, что и имеет место при ИК термообработке, длительность процесса нагрева ограничивается началом потемнения и обугливания зерна.

Литература

1. Зверев С.В., Цыгуткин А.С. Подготовка зерна белого люпина к глубокой переработке. Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд : междунар. сб. науч. ст. / ФГБУ НИИПХ Росрезерва; под общ. ред. С. Е. Уланина. – М.: Галлея-Принт, 2014. – 322 с. – Прил. к информ. сб. «Теория и практика длительного хранения». – С. 115-121.
2. Зверев С.В., Сесикашвили О.Ш., Булах Ю.Г. Соя. Свойства. Термообработка. Использование. – Кутаиси: Из-во Гос. университета Акакия Церетели, 2013. – 198 с.
3. Зверев С.В. Высокотемпературная микронизация в производстве зернопродуктов. М.: «ДеЛи принт», 2009. – 222 с.