

I CONGRESSO DA SBI-AGRO

Agrosoft 97

Sistema para cálculo do processamento térmico - TERMOCAL

Renata Serra

renata@cnptia.embrapa.br

José Gilberto Jardine

jardine@cnptia.embrapa.br

EMBRAPA Informática Agropecuária
Cidade Universitária "Zeferino Vaz" - UNICAMP,
CP: 6041; CEP: 13083-970 - Campinas, SP, Brasil.
Telefone: (019) 239-9800 e fax: (019) 239-9594

Silvia Pimentel Marconi Germer

sgermer@ital.org.br

Centro de Frutas e Hortaliças - FRUTOTHEC
Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL
Av. Brasil 2880, CEP: 13073-001 - Campinas, SP, Brasil.
Telefone: (019) 241-5222 rl. 174 e fax: (019) 241-5034

Resumo

O *TERMOCAL* é um sistema desenvolvido com o objetivo de automatizar o processo para o cálculo automático dos parâmetros de esterilização de forma a otimizar as análises dos ensaios de validação dos processamentos térmicos com conseqüente ganho em qualidade, tempo e confiabilidade nos processos e resultados. Este artigo enfatiza os conceitos envolvidos no processo de esterilização de alimentos, a metodologia de desenvolvimento do sistema computacional e os resultados obtidos.

Abstract

TERMOCAL is a system developed with the objective to automatize the sterilization parameters calculation in such a way to optimize the validation of trials analysis on thermal processing. Which would result in a increase of quality, trustability and quickness of the processes and their results. This article emphasizes the concepts involved in the food sterilization process, the methodology of the computer system development and the results obtained from them.

Palavras-chaves

Processamento térmico, software para agroindústria, indústria de alimentos.

1. INTRODUÇÃO

Os alimentos de baixa acidez quando embalados hermeticamente devem ser processados termicamente a fim de se obter a esterilidade comercial, isto é, destruição das formas vegetativas e esporos de microorganismos patogênicos e de outros microorganismos viáveis. Alguns parâmetros são calculados a partir de dados experimentais de temperatura medidos no interior da embalagem ao longo do processo. Estes parâmetros asseguram a adequação e segurança do processo do ponto de vista de saúde pública. O cálculo dos parâmetros de esterilização envolve muitos dados experimentais, vários algoritmos de cálculo, e aplicações de tabelas que exigem interpolações. Portanto, é um trabalho lento, e sujeito a imprecisões se realizado em planilhas ou calculadoras.

Alimentos de baixa acidez são aqueles cujo o pH é superior a 4,5 e a atividade de água superior a 0,85. São produtos que se acondicionados em embalagens herméticas podem propiciar o desenvolvimento de bactérias patogênicas como o *Clostridium botulinum* que nestas condições sintetiza uma toxina letal ao homem. A ingestão de uma micrograma desta toxina leva a morte. Portanto, estes alimentos devem

passar por um processo de esterilização para destruição dos esporos (formas mais resistentes) destas bactérias. A esterilização pela aplicação de calor é o processo mais empregado. O alimento embalado em latas, vidros, ou bolsas autoclaváveis são submetidos a temperaturas superiores a 100C pela aplicação de vapor pressurizado, ou misturas de água e vapor também pressurizados. Em seguida ao aquecimento, tem-se o resfriamento, em geral feito com água. Os equipamentos utilizados são denominados autoclaves, ou retortas e processam em bateladas (lotes) ou continuamente. Estes equipamentos são projetados e construídos dentro de normas, e possuem controles para garantir um adequado funcionamento.

2. CONCEITOS

Sensores de temperatura são colocados em algumas embalagens de forma a medir as temperaturas desenvolvidas durante o processo em intervalos de leitura pré definidos. Através da análise destes históricos de temperatura, calcula-se o parâmetro F_0 de esterilização. O valor F_0 de esterilização, ou também denominado intensidade de esterilização, corresponde ao somatório das contribuições letais de cada estágio de temperatura pelo qual passou o produto durante o processo. Isto pode ser resumido na seguinte fórmula:

$$F_0 = \sum TL \times \Delta t \quad (1)$$

onde,

$$\begin{aligned} t &= \text{intervalo de tempo da medida da temperatura} \\ TL &= \text{taxa letal da temperatura medida} \\ TL &= 10 (T - T_{ref}) / z \end{aligned} \quad (2)$$

onde,

$$\begin{aligned} T_{ref} &= \text{temperatura de referência} = 121,1\text{C} \\ T &= \text{temperatura medida em cada intervalo} \\ z &= \text{resistência térmica do microorganismo de interesse. } z = 10\text{C para o Clostridium botulinum} \end{aligned}$$

O valor F_0 é expresso em minutos e considera-se que um processo está seguro quando o valor F_0 determinado é superior a 3 minutos.

O método descrito anteriormente para o cálculo do F_0 é denominado de Método Gráfico, ou Genérico (Teixeira Neto, 1995). Neste método, o perfil da temperatura desenvolvido internamente na embalagem deve ser conhecido. Quaisquer alterações que possam ocorrer no processo devem ser analisadas com o levantamento experimental das temperaturas e novo cálculo do F_0 .

Existem, porém muitos outros métodos para o cálculo do F_0 , entre eles o denominado Método de Ball (Jardim & Vitali, 1995), ou também conhecido como Método Matemático. Este método se baseia no levantamento de alguns parâmetros de penetração de calor a partir dos históricos de temperatura obtidos experimentalmente, e no uso de fórmulas para determinação do valor F_0 .

Neste método, os históricos de temperatura do aquecimento e do resfriamento obtidos experimentalmente são plotados, separadamente, em escala monologarítmica, isto é, log de um adimensional da temperatura do produto pelo tempo. Desta forma, no geral, as curvas geradas tem uma etapa linear. Deve-se definir a etapa linear e calcular os coeficientes angulares e lineares destas retas.

Calculam-se então os seguintes parâmetros:

- $fh = f$ (coeficiente angular da curva de aquecimento),
- $fc = f$ (coeficiente angular da curva de resfriamento),
- $jh = f$ (coeficiente linear da curva de aquecimento),
- $jc = f$ (coeficiente linear da curva de resfriamento).

Estes parâmetros (fh , jh , fc , jc) são denominados de parâmetros de penetração de calor e são características do sistema produto-embalagem-equipamento.

O valor Fo é então calculado da seguinte forma:

- calcula-se g , que é a diferença da temperatura do produto ao final do aquecimento por:

$$g = jh \ I_h \times 10^{-B / fh} \quad (3)$$

onde,

$B =$	tempo de processo, ou tempo de Ball (tempo do processo corrigido pelo tempo de subida da temperatura).
$fh =$	diferença entre a temperatura da autoclave e da temperatura inicial do produto

Os valores de g , jc , fh e U (que é função do Fo) estão relacionados em uma tabela, Para cada valor de z , isto é, para cada tipo de microorganismo, tem-se uma tabela desta. Portanto, calcula-se o Fo .

A vantagem deste último método é que simulações podem ser realizadas no caso de algumas alterações nas condições pré-estabelecidas de processo, tais como: temperatura inicial do produto; temperatura do meio de aquecimento; dimensões da embalagem (mantendo-se o formato), e tempo de processo. Nestes casos, não há necessidade do levantamento experimental dos históricos de temperatura novamente para avaliação, pois os parâmetros de penetração de calor mantêm-se praticamente constantes, e aplicam-se as sequências de cálculo descritas acima para o cálculo das novas condições.

3. A ESTRUTURA DO SISTEMA

Para solucionar o problema de otimização de tempo e qualidade dos cálculos do processamento térmico, vital para a indústria de alimentos, foi estabelecida uma parceria entre o ITAL - Instituto de Tecnologias de Alimentos e o CNPTIA - Centro Nacional Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura. O ITAL atuou principalmente no fornecimento da metodologia de cálculo, calibração e simulação dos binômios tempo x temperatura para o processamento térmico. O CNPTIA contribuiu com o ambiente computacional, métodos técnicos e ferramentas para desenvolvimento de sistemas.

O *TERMOCAL* foi construído usando o Ambiente de Software NTIA na versão 4.2.1, que integra módulos estatísticos, de recuperação de informação, de entrada de dados, de cálculo de matrizes, gráficos, entre outros. Este software foi desenvolvido CNPTIA, da EMBRAPA, em linguagem de programação C (Macário, 1994), permitindo portabilidade das aplicações. Desta forma, o software NTIA está disponível tanto para microcomputadores padrão IBM-PC com disco rígido, como em estações de trabalho (RS/6000) com sistema operacional UNIX, assim como as aplicações geradas a partir do mesmo.

O programa *TERMOCAL* faz a aquisição dos históricos experimentais de temperatura pela digitação, ou por importação de planilha preparada no EXCEL e tem opção de correção destes históricos por equações de calibração. O sistema calcula Fo pelo Método Genérico, pelo Método Matemático (podendo calcular por todos ou alguns sensores), calcula os parâmetros de penetração de calor e faz simulações de processo.

As simulações dos processos podem ser fornecidas através da entrada de valores, pelo cálculo de Fo / B , cálculo do B , Pt ou Fo (alternando o T_{auto} ou o T_{ih}) e alterações nas embalagens (convecção e condução).

4. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta alguns resultados do estudo de validação do sistema, tais como valores calculados pelo *TERMOCAL* e por cálculos manuais. Verifica-se que estão bastante próximos. Algumas diferenças nos valores de fh , jh , fc , e jc são aceitáveis, pois no cálculo manual a regressão linear é feita pelo ajuste manual da melhor reta, portanto, sujeito a erros.

Um exemplo de aplicação prática do *TERMOCAL*, está demonstrado na Tabela 2 traz resultados de um estudo realizado, onde pesquisou-se a influência de algumas condições de processo como temperatura inicial e tempo de processo no resultado do Fo de pescado enlatado.

Os parâmetros de penetração de calor foram obtidos de históricos de temperatura experimentais. Observa-se que algumas condições de processo resultam em F_0 inferiores a 3 minutos, portanto, o produto nestes casos estaria subprocessado, e oferece risco do ponto de vista de saúde pública.

PRODUTO ^a	FONTE DE CÁLCULO	F ₀ (min)	f _h (min)	j _h	f _c (min)	j _c
bebida a base de milho	T ^b	6,3	29,2	1,5	30,9	2,8
	M ^c	6,3	29,4	1,4	32,9	2,3
ervilha	T	13,6	5,5	0,6	8,9	1,9
	M	13,7	5,5	0,5	8,6	2
broto de bambu	T	11,1	5,1	1,1	10,2	2,5
	M	11,4	5,4	1,1	10,2	2,5
escargot	T	6,1	23,3	0,9	34,7	0,8
	M	6,2	23,2	0,8	30,4	0,9
pescado	T	13,3	27,7	1,3	31,1	1,5
	M	13,3	27,6	1,3	32,3	1,4

Tabela 1: Comparação de valores obtidos pelo TERMOCAL e por cálculos manuais

- a) testes experimentais de projetos de pesquisa do FRUTHOTEC
b) cálculo com o TERMOCAL
c) cálculo manual

	F ₀ (min)		
	Temperatura Inicial (°C)		
Tempo de Processo (min)	28 °C	30 °C	35 °C
25	1,9	1,9	2
30	3	3,1	3,2
35	4,3	4,3	4,5
40	5,6	5,7	5,8

Tabela 2: Valores calculados de F_0 em estudo de simulação variando algumas condições do processamento de pescado

5. REFERÊNCIAS

- Jardim, D.C.P. and Vitali, A.A. (1995) Método matemático para cálculo da penetração de calor e da letalidade do processo térmico. In: GERMER, S.P.M.; MOURA, S.C.R.S. *Princípios de Esterilização de Alimentos*. ITAL, Campinas. P.63-74.
- Macário, C.G.N.; Bonfim, W.S.; Chaim, M.L.; Antunes, J.F.G; Ternes, S; Aoki, R.; Alvim, L.; Pacheco, O.I.P; Palmieri, S.; Festa, M.N.; Gaspar, D.M., Serra, R.; Higa, R.H.; Arantes, M.P.C. (1994) *The software NTIA Evolution*. (in Portuguese) Campinas: Embrapa/CNPTIA, não paginado (Embrapa/CNPTIA). Projeto 12.0.94071.00).
- Teixeira Neto, R.O.T. (1995) Avaliação dos processos térmicos utilizando método genérico. In: Germer, S.P.M. and Moura, S.C.R.S. *Princípios de esterilização de alimentos*. ITAL, Campinas. P.47-60.

6. BIOGRAFIA

Renata Serra, Analista de sistemas, pesquisadora da EMBRAPA Informática Agropecuária (CNPTIA), atuando na área de desenvolvimento de sistemas de informação para o domínio agropecuário e disponibilização de informações agrícolas na Internet e infra-estrutura para grupos de interesse em pesquisa agropecuária.

José Gilberto Jardine, Doutor em engenharia pela UNICAMP, pesquisador e gerente da Área de Comercialização Empresarial da EMBRAPA/CNPTIA, professor orientador da pós graduação da FEA/UNICAMP. Atua principalmente na área de automação de processos agroindustriais.

Sílvia Pimentel Marconi Germer, Engenheira de alimentos, formada pela faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, Mestre em Eng. De Alimentos, pela mesma faculdade. Pesquisadora científica III do Frutothec - ITAL. Especialidade: Engenharia de processos.