

MODELOS EM PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA PARA O PROCESSAMENTO DO BISCOITO TIPO CRACKER¹

Micheline Pessoa de MELO^{2,*}, Dorasilvia Pontes LIMA³, Plácido Rogério PINHEIRO²

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi construir modelos em Programação Matemática visando otimizar o processo de fabricação do biscoito *cracker*, aplicando-se Programação Linear e Não Linear. Através do conhecimento das etapas de produção do biscoito *cracker*, construiu-se um modelo em Programação Linear que minimiza as perdas de produção e o custo envolvido em seu processo de produção. Desenvolveu-se um modelo em Programação Não Linear para controlar os fatores tempo e *pH* na fermentação da esponja do *cracker*. Com a utilização do modelo em Programação Linear determinou-se a interpretação detalhada do custo no processo de produção do biscoito *cracker* e com o modelo Não Linear reduziu-se o tempo de fermentação da esponja do *cracker*, resultando em aumento na produtividade.

Palavras-chave: programação matemática; programação linear; programação não linear; biscoito; *cracker*.

SUMMARY

MATHEMATICS PROGRAMMING MODELS FOR BISCUIT CRACKER PROCESSING. The purpose of this work was to construct a mathematical programming model able to optimize the biscuit cracker's fabrication process, applying linear and nonlinear programming. Through the knowledge of the stages of cracker's production, a model was built in linear programming that minimizes the losses production and the cost involved in its production process and was developed a model in nonlinear programming to control the factors time and *pH* in the sponge fermentation. Through the linear programming model was determinate a detailed interpretation of the cost in the cracker's production process and the nonlinear model was reduced the time of sponge fermentation, resulting increase in the productivity.

Keywords: mathematic programming; linear programming; nonlinear programming; biscuit; cracker.

1 – INTRODUÇÃO

As indústrias de biscoito têm como uma de suas metas, a diminuição das perdas ocorridas no processo de produção, enfocando os programas de qualidade e desperdício como primordiais para o decréscimo dessas perdas e dos custos envolvidos na produção.

As perdas na produção representam desperdício e consequentemente aumento nos custos de fabricação. Na produção de biscoitos, as etapas de processamento devem ser rigorosamente controladas, para se obter produtos de qualidade com baixo custo. A qualidade de um biscoito está relacionada com o sabor, a textura, a aparência e outros fatores que dependem das interações entre vários ingredientes e condições de processamento.

Os biscoitos tipo *cracker* são produzidos em maior variedade que qualquer outro tipo de produto de panificação. Estes biscoitos diferem entre si pelas proporções de seus ingredientes principais, usados em menores e diferentes quantidades em relação a farinha de trigo, seu ingrediente principal [7]. Sua fabricação está estruturada em uma formulação básica (ingredientes), embo-

ra condições de processamento tais como, tempo, *pH*, umidade e temperatura influenciem sua qualidade.

Na fabricação dos biscoitos tipo *cracker*, os ingredientes são misturados em dois estágios. Inicialmente, no preparo da esponja a mistura é feita em tempo suficientemente curto para homogeneização dos ingredientes. O longo período de fermentação da esponja (cerca de 18 horas) influencia as fases seguintes do processo, definindo a qualidade do produto final. Em seguida, o preparo da massa é feito com adição dos ingredientes remanescentes, fermentando-se por 6 horas. Na laminação, a massa passa através de pares de rolos laminadores, onde sofre redução gradual e uniforme, sendo, cortada através de rolos estampadores. O cozimento é feito em fornos contínuos divididos em zonas de aquecimento, com controles independentes de temperatura, o que possibilita ajustes, de acordo com cada produto [15].

O presente trabalho tem como objetivo construir modelos em Programação Matemática (Programação Linear e Não Linear), formulados através do conhecimento das etapas do processo de fabricação do biscoito tipo *cracker*, tendo como resultado a otimização dos custos envolvidos em seu processo de produção e aumento da produtividade.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Formulação básica do biscoito *cracker*

Os ingredientes normalmente usados na formulação de *crackers* constituem de farinha de trigo, água, fermento, gordura, açúcares, bicarbonato de sódio e cloreto de sódio. Podem ser usados também malte e

¹ Recebido para publicação em 26/07/2002. Aceito para publicação em 05/07/2004 (000964).

² Centro de Ciências Tecnológicas – Universidade de Fortaleza – UNIFOR – Av. Washington Soares, 1321 – Edson Queiroz – Fortaleza – CE. E-mail: micheline@unifor.br, placido@unifor.br

³ Departamento de Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal do Ceará – UFC – Av. Mister Hull, 2977 – Alagadiço – Fortaleza – CE. E-mail: dora@ufc.br

* A quem a correspondência deve ser enviada.

suplemento enzimático [8]. O biscoito tipo *cracker*, possui uma formulação básica, é através dela que podem ser acrescentados outros ingredientes que alteram o sabor do *cracker* convencional (Tabela 1).

TABELA 1. Formulação básica do biscoito tipo *cracker* [7].

• Esponja		%
-	Farinha de trigo	65,0 - 70,0
*	Fermento	0,5 - 1,0
*	Água	22,0 - 30,0
*	Gordura	5,0 - 9,0
• Massa		%
-	Farinha de trigo	30,0 - 35,0
*	Sal	1,0 - 1,9
*	Malte não diastático	2,0 - 4,0
*	Gordura	5,0 - 9,0
*	Bicarbonato de sódio	0,4 - 0,65
*	Lecitina de soja	0,1 - 0,2

*Estruturados a partir do peso total da farinha

2.2 – Formulação geral de um problema em programação matemática

Um problema em Programação Matemática tem a seguinte formulação [1]:

Otimizar	$f(x_1, x_2, \dots, x_n)$
Satisfazendo	$g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \{d^n, =, e^n\} b_1$ $g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \{d^n, =, e^n\} b_m$

em que

x_1, x_2, \dots, x_n – variáveis de decisão;

$f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – função objetivo;

g_1, g_2, \dots, g_m – restrições.

Os problemas em Programação Matemática Linear e Não Linear visam fundamentalmente encontrar a melhor solução para problemas que tenham seus modelos representados por funções Lineares e Não Lineares, respectivamente. A tarefa da Programação Linear e Não Linear consiste na maximização ou minimização de uma função, denominada função objetivo, respeitando-se um sistema de equações que recebem a designação de restrições do modelo. As restrições representam normalmente limitações de recursos disponíveis ou, então, exigências e condições que devem ser cumpridas no problema. Essas restrições do modelo determinam uma região denominada factível, com um conjunto de possíveis soluções viáveis. A melhor das soluções viáveis, isto é, aquela que maximiza ou minimiza a função objetivo denomina-se solução ótima. A grande aplicabilidade e simplicidade que identificam tais problemas devem-se quando caracteriza-se a linearidade do modelo [1, 2].

2.3 – Modelo em programação linear

O modelo em Programação Linear tem por objetivo diminuir o custo de fabricação do biscoito tipo *cracker*, envolvendo as etapas preparo e mistura das fases massa e esponja [10].

Para a caracterização das restrições do modelo Linear, foi utilizado a formulação básica do biscoito tipo *cracker* (Tabela 1). Os biscoitos tipo *cracker*, diferem entre si pelas proporções de seus ingredientes principais, usados em menores e diferentes quantidades, em relação a seu ingrediente principal, a farinha de trigo [7].

A função objetivo (1) minimiza o custo dos ingredientes, bem como os componentes de operacionalização necessários a produção do *cracker*;

$$\text{Mín} \sum_{i=1}^n c_i x_i + \sum_{j=1}^m \sum_{q=1}^p d_{jq} y_{jq} \quad (1)$$

As restrições caracterizam-se pelas limitações das etapas preparo e mistura da esponja, preparo e mistura da massa. A restrição (2) é somatório da necessidade de cada componente de operacionalização, devendo ser menor ou igual a capacitação disponível;

$$\sum_{j=1}^m h_{jq} y_{jq} \leq b_q \quad q = 1, \dots, p \quad (2)$$

A restrição (3) corresponde ao somatório dos ingredientes da fase esponja, que deve ser maior ou igual a quantidade mínima de farinha necessária nesta fase;

$$\sum_{i=1}^n x_i \geq f \quad (3)$$

O somatório dos ingredientes da fase massa e da esponja, deve ser maior ou igual a quantidade máxima de farinha necessária à fabricação do biscoito *cracker*, expressos na restrição (4).

$$\sum_{i=1}^n x_i + z \geq g \quad (4)$$

Os limite máximo e mínimo de cada ingrediente que são utilizados na fabricação do biscoito tipo *cracker* estão na restrição (5), conforme sua formulação básica (Tabela 1).

$$l_i \leq x_i \leq k_i ; i = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$x_i \geq 0 ; i = 1, \dots, n$$

$$y_{jq} \geq 0 ; j = 1, \dots, m \text{ e } q = 1, \dots, p$$

onde:

n = a quantidade de ingredientes que compõe o biscoito *cracker*;

m, p = a quantidade de componentes de operacionalização utilizados na fabricação do biscoito *cracker*;

c_i = o custo de cada ingrediente, $i=1, \dots, n$;

x_i = os ingrediente do biscoito *cracker*, $i=1, \dots, n$;

d_{jq} = custo dos componentes de operacionalização, $j=1, \dots, m$ e $q=1, \dots, p$;

y_{jq} = componentes de operacionalização, $j=1, \dots, m$ e $q=1, \dots, p$;

h_{jq} = necessidade dos componentes de operacionalização, $j=1, \dots, m$ e $q=1, \dots, p$;

b_q = capacitação disponível dos componentes de operacionalização, $q=1, \dots, p$;

f = quantidade mínima de farinha que deve ser adicionada a esponja;

z = quantidade de esponja;

g = quantidade máxima de farinha que deve ser adicionada a massa + esponja;

l_i = limite mínimo de cada ingrediente na esponja e na massa, $i=1, \dots, n$;

k_i = limite máximo de cada ingrediente na esponja e na massa, $i=1, \dots, n$.

2.4. - Fermentação da esponja

No processo convencional dos *crackers*, uma grande parte das transformações reológicas da massa ocorrem durante as 18 horas de fermentação da esponja, causadas pela quebra de ligações dissulfeto das proteínas responsáveis por mudanças no glúten [11, 13]. As modificações físicas e químicas que ocorrem, principalmente na esponja, são responsáveis pela determinação das propriedades de manuseio da massa, pelo sabor típico e em parte pela textura final que caracterizam os *crackers* [3, 4, 5, 6].

À medida que o tempo de fermentação da esponja aumenta, o pH diminui até valores em torno de 4,5. A necessidade de maior tempo de fermentação e a diminuição do pH, são fatores determinantes para ocorrer mudanças reológicas na massa do *cracker*. Estas mudanças, também podem ser observadas através da queda nos valores de resistência à extensão, resistência máxima e extensibilidade no extensograma dessa massa [7].

2.5 - Efeito do tempo de fermentação nos valores de pH da esponja do *cracker* e nos parâmetros extensográficos

Através do estudo dos resultados do comportamento do pH das esponjas pelo processo convencional do biscoito tipo *cracker*, foi observado por LIMA [7], que o pH sofreu pequena redução com o aumento do tempo de fermentação, observe *Tabela 2*.

TABELA 2. Efeito do tempo de fermentação nos valores pH da esponja do biscoito tipo *cracker*

Tratamento	Tempo de Fermentação (horas)				
	0	4	8	12	18
Convencional	5,85	5,53	5,31	4,97	4,54

O efeito do tempo de fermentação da esponja do *cracker*, segundo a *Tabela 3*, pode ser também observado através da queda nos valores de resistência à extensão, resistência máxima e extensibilidade, esta diminuição se deve à modificação do glúten causada pela quebra de ligações dissulfeto das proteínas do glúten [7].

TABELA 3. Efeito do tempo de fermentação da esponja nos parâmetros extensográficos da massa do *cracker* no processo convencional

Parâmetros	Tempo de Fermentação (horas)				
	0	4	8	12	18
Resistência à extensão (UE)*	438	415	328	193	165
Resistência máxima (UE)*	485	485	330	200	187
Extensibilidade (mm)	102	99	74	69	91

* UE - Unidade Extensográfica

A diminuição na extensibilidade e no pH das esponjas no processo convencional com o aumento do tempo de fermentação da esponja encontrado por LIMA [7], foi semelhante aos resultados apresentados por DOESCHER & HOSENEY [3].

A enzima proteolítica nativa da farinha age com mais eficácia em longos períodos de fermentação da esponja, quando os valores de pH diminuem a níveis ótimos para a sua atividade [3]. A necessidade de maior tempo de fermentação para ocorrer mudanças reológicas na massa do *cracker* observada em estudos, poderia ser justificada pela presença de baixo teor de enzimas proteolíticas endógenas na farinha de trigo usada [7].

Uma diminuição considerável nos valores de resistência à extensão e resistência máxima, ao longo da fermentação, deve-se provavelmente, a maior atividade presença de proteases nativas da farinha, com a diminuição do pH da massa. A discrepância ocorrida na extensibilidade, ou seja, a variação, diminuição e aumento de seus parâmetros, ainda não é bem esclarecida cientificamente após 12 horas de fermentação.

2.6 - Modelo em programação não linear

O objetivo da construção do modelo em Programação Não Linear, foi a diminuição do tempo de fermentação da esponja do *cracker* para aumentar a produtividade [9].

O longo período da fermentação da esponja ocasiona atraso na produtividade, pois as fases seguintes do processamento, não poderão ser implementadas antes do término das 18 horas de fermentação.

A função objetivo (6) foi formulada utilizando os valores dos que diminuem em função do tempo de fermentação da esponja;

$$\text{Mín } f(t) \quad (6)$$

As restrições foram construídas com base nos parâmetros de resistência à extensão (7), resistência máxima (8) e extensibilidade (9), pois a queda nos parâmetros extensográficos, é também característica da fermentação da esponja;

$$c \leq m(t) \leq d \quad (7)$$

$$a \leq r(t) \leq b \quad (8)$$

$$g \leq e(t) \leq h \quad (9)$$

$$0 \leq t \leq t_{\max}; t_{\max} = 18$$

onde:

t = tempo;

f(t) = função fermentação da esponja;

a = limite mínimo de resistência à extensão medida em UE;

b = limite máximo de resistência à extensão medida em UE;

r(t) = função resistência à extensão;

c = limite mínimo de resistência máxima medida em UE;

d = limite máximo de resistência máxima medida em UE;

m(t) = função resistência máxima;

g = limite mínimo de extensibilidade medida em mm;

h = limite máximo de extensibilidade medida em mm;

e(t) = função extensibilidade;

t_{máx} = tempo máximo da fermentação da esponja.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Modelo linear

Na aplicação do modelo Linear, pode-se observar a diminuição da quantidade de ingredientes aos limites mínimos que são necessários às etapas massa e esponja, conforme *Tabela 1*.

Através da restrição (5) pode-se garantir que nenhum ingrediente essencial a fabricação do biscoito tipo *cracker* deixe de ser adicionado às fases esponja e massa. A quantidade de ingredientes que compõe o biscoito *cracker*, e os limites máximos e mínimos de cada ingrediente podem ser alterados, dependendo da necessidade de maior qualidade do produto final ou características de produção.

É possível determinar o menor custo do biscoito tipo *cracker*, desde os ingredientes adicionados a sua composição, bem como os componentes de operacionalização necessários à sua produção.

3.2 – Resultados computacionais obtidos com a aplicação do modelo em programação não linear

Determinou-se através da *Tabela 2*, a equação da fermentação (10), aplicando-se a técnica de *splines* [14] para interpolar os valores de pH obtidos por LIMA [7]. À medida que o tempo de fermentação aumenta o pH da esponja diminui, ocorrendo grande parte das transformações reológicas da massa (*Figura 1*).

$$f(t) = 0,0001 t^4 - 0,0018 t^3 + 0,0192t^2 - 0,1038t + 5,85 \quad (10)$$

As restrições do modelo (11, 12, 13) foram obtidas através de regressão não linear [14], e foram formuladas a partir dos resultados obtidos por LIMA [7] nos parâmetros extensográficos (*Tabela 3*), à medida que o tempo de fermentação da esponja aumenta ocorre mu-

danças nesses parâmetros que são importantes para qualidade do produto final (*Figuras 2, 3 e 4*).

$$r(t) = 165 \leq 0,0152t^4 - 0,3226t^3 + 0,1714t^2 - 2,2452t + 438 \leq 438 \quad (11)$$

$$m(t) = 187 \leq -0,0171t^4 + 0,8793t^3 - 13,479t^2 + 40,943t + 485 \leq 485 \quad (12)$$

$$e(t) = 69 \leq 0,1094t^3 - 2t^2 + 5,5t + 102 \leq 102 \quad (13)$$

$$69 \leq 3,6667t + 25 \leq 91$$

Devido à variação dos parâmetros, ocorrida na extensibilidade no período de 12 a 18 horas de fermentação da esponja, conforme *Tabela 3*, a equação (13) foi dividida em duas: a primeira equação, refere-se a interpolação dos parâmetros observados por LIMA [7] no período de 0 a 12 horas e a segunda equação refere-se ao período de 12 a 18 horas de fermentação da esponja.

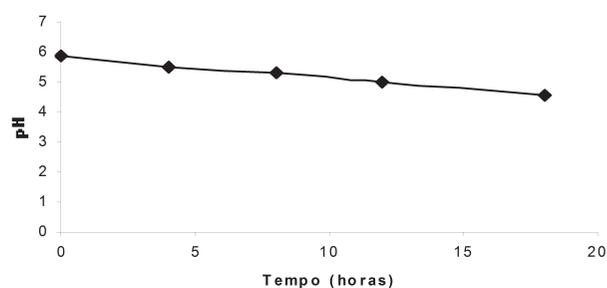


FIGURA 1. Efeito do tempo de fermentação nos valores pH da esponja [7].

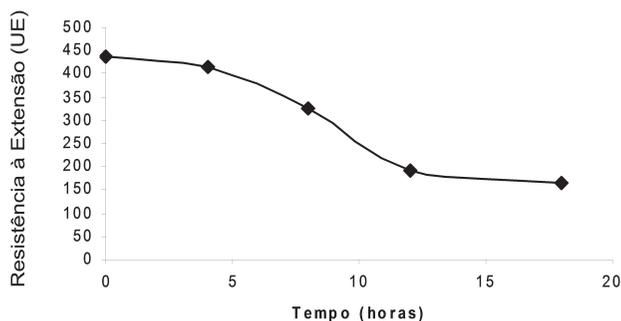


FIGURA 2. Efeito do tempo de fermentação no parâmetro extensográfico resistência à extensão [7].

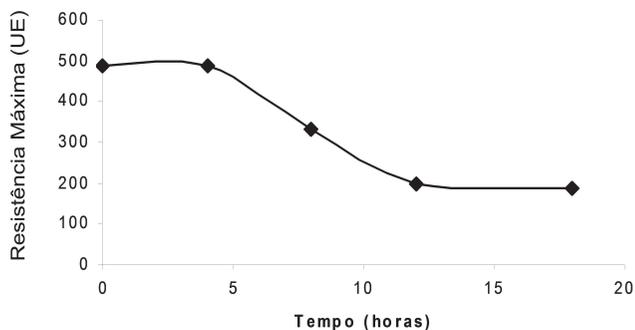


FIGURA 3. Efeito do tempo de fermentação no parâmetro extensográfico resistência máxima [7].

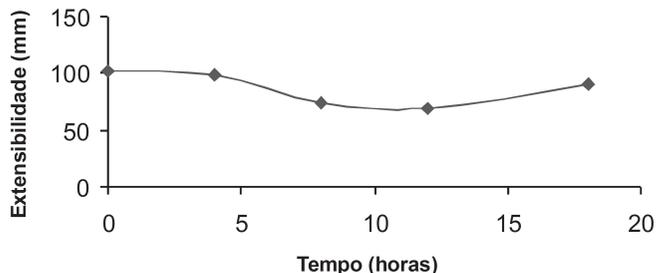


FIGURA 4. Efeito do tempo de fermentação no parâmetro extensográfico extensibilidade [7].

Os modelos em Programação Não Linear foram resolvidos através da utilização do software LINGO [12]. Aplicando-se o modelo à resistência à extensão:

$$\begin{aligned} \text{Mín} & 0,0001 t^4 - 0,0018 t^3 + 0,0192t^2 - 0,1038t + 5,85 \\ \text{sujeito a:} & 0,0152t^4 - 0,3226t^3 + 0,1714t^2 - 2,2452t + 438 \geq 165 \\ & 0,0152t^4 - 0,3226t^3 + 0,1714t^2 - 2,2452t + 438 \leq 438 \\ & 0 \leq t \leq 18 \end{aligned}$$

Observou-se que o tempo de fermentação da esponja ao ser minimizado pelo modelo proposto e conservando-se o parâmetro extensográfico Resistência à Extensão, foi diminuído em 5 horas, ou seja, de 18 horas de fermentação da esponja houve uma redução significativa de 27,78% no processo convencional.

Para a resistência máxima, aplicou-se o modelo:

$$\begin{aligned} \text{Mín} & 0,0001 t^4 - 0,0018 t^3 + 0,0192t^2 - 0,1038t + 5,85 \\ \text{sujeito a:} & -0,0171t^4 + 0,8793t^3 - 13,479t^2 + 40,943t + 485 \geq 187 \\ & -0,0171t^4 + 0,8793t^3 - 13,479t^2 + 40,943t + 485 \leq 485 \\ & 0 \leq t \leq 18 \end{aligned}$$

Verificou-se que o tempo de fermentação da esponja diminuiu para 13 horas e 11 minutos, representando uma redução de 27,18%, mantendo a característica extensográfica de Resistência Máxima.

Utilizando-se do modelo na extensibilidade, obteve-se:

$$\begin{aligned} \text{Mín} & 0,0001 t^4 - 0,0018 t^3 + 0,0192t^2 - 0,1038t + 5,85 \\ \text{sujeito a:} & 0,1094t^3 - 2t^2 + 5,5t + 102 \geq 69 \\ & 0,1094t^3 - 2t^2 + 5,5t + 102 \leq 102 \\ & 69 \leq 3,6667t + 25 \leq 91 \\ & 0 \leq t \leq 18 \end{aligned}$$

Mantendo a característica de extensibilidade, o tempo de fermentação da esponja diminuiu para 14 horas e 40 minutos, representando uma redução de 20%.

A aplicação dos modelos propostos em Programação Não Linear, comprovam os resultados obtidos por LIMA [7], ou seja, uma redução no tempo de fermentação da esponja em pelo menos 20%, conservando as características reológicas da massa.

Os modelos em Programação Não Linear devem ser resolvidos separadamente, pois, os parâmetros extensográficos resistência à extensão, resistência máxima diferem da extensibilidade em relação à unidade de medida – Unidade Extensográfica (UE) e milímetro (mm).

4 – CONCLUSÕES

De acordo com o trabalho realizado e com base nos resultados apresentados e discutidos anteriormente, pode-se concluir que:

- No modelo linear, ocorreu a minimização da quantidade de ingredientes aos limites mínimos que são necessários às etapas de massa e esponja, ficando garantida a adição de todos os ingredientes essenciais à produção do *cracker*.
- A flexibilização do modelo linear possibilita a alteração da quantidade e dos limites máximos e mínimos dos ingredientes adicionadas à composição do *cracker*, dependendo da necessidade de maior qualidade do produto final ou características de produção.
- Com a utilização desse modelo é possível determinar o menor custo de produção do biscoito tipo *cracker*, desde os ingredientes adicionados à sua composição, bem como os componentes de operacionalização necessários à sua produção.
- Aplicando-se o modelo Não Linear, o tempo de fermentação da esponja no parâmetro resistência à extensão foi diminuído para 13 horas, no parâmetro resistência máxima, o tempo de fermentação da esponja diminuiu para 13 horas e 11 minutos e finalmente no parâmetro extensibilidade o tempo de fermentação diminuiu para 14 horas e 40 minutos. Houve uma redução do tempo de fermentação da esponja de pelo menos 20%, mantendo as características reológicas da massa. A diminuição no tempo da fermentação da esponja, resulta em aumento na produtividade.
- Os modelos Linear e Não Linear podem ser aplicados a qualquer tipo de biscoito fermentado, desde que as condições e etapas de processamento sejam fornecidas para a formulação das restrições.
- Os resultados encontrados por LIMA [7] através de experiências laboratoriais na produção de *crackers*, foram confirmados através de modelos em programação matemática.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BAZARAA, M.S.; SHERALI, H.D.; SHETTY, M.C. *NonLinear Programming: theory and algorithms*, John Wiley & Sons, Inc., 1979.
- [2] CHVÁTAL, V. *Linear Programming*. Freeman and Company, 1983.
- [3] DOESCHER, L.C.; HOSENEY, R.C. Saltine crackers changes in cracker sponge rheology and modification of a cracker-baking procedure. **Cereal Chemistry**. v. 62, n. 3, p. 158-162, 1985.

- [4] FIELDS, M.L.; VARRIANO-MARSTON. Microbiology of cracker sponge fermentation. **Cereal Chemistry**. v. 59, n. 1, p. 23-26, 1982.
- [5] HAMED-FARIDI. Short-time Saltine cracker. **Bakers Digest**, jun, 1980.
- [6] HOSENEY, R.C.; WADE, P.; FINLEY, J.W. Soft wheat products. In: POMERANZ. Wheat chemistry and technology. 3.ed. St. Paul: A A C C. v. 2, p. 407-456, 1988.
- [7] LIMA, D.P. **Estudo comparativo do efeito da adição de proteases fúngica e bacteriana nas características reológicas da massa e na qualidade do biscoito tipo cracker**. 1998, 135p. Tese (doutorado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
- [8] MAILHOT, W.C.; Patton J.C. Criteria of flour quality. In: POMERANZ, Y. Wheat chemistry and tecnologia. 3. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, v. 2, p. 69-88, 1988.
- [9] MELO, M.E.P.; LIMA, D.P.; PINHEIRO, P.R. Linear and non linear programming models for the processing of cracker biscuit, Congresso Ibero Americano de Tecnologia de Alimentos CIBIA, Valencia, Espanha, 2001.
- [10] PINHEIRO, P.R.; LIMA, D.P.; MELO, M.E.P. Otimização do Processo de Fabricação do Bicoito Tipo *Cracker*. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. ISSN 1518-1731. Viçosa: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, MG, 2000.
- [11] PIZZINATTO A.; HOSENEY R.C. A Laboratory method for saltine crackers. **Cereal Chemistry**, v. 57, n. 4, p. 249-252, 1980.
- [12] SCHRAGE, L. Optimization Modeling with LINGO. LINDO Systems Inc, 1998.
- [13] SUGIHARA T.F. Microbiology of the soda cracker process I. Isolation and identification of microflora. **Journal of Food Protection**, v. 41, n.12, p. 977-979, 1978.
- [14] VETTERLING, T.W.; TEUKOLSKY, A.S.; PRESS, H.W.; FLANNERY, P.B. Numerical Recipes, Cambridge University Press, 2000.
- [15] VITTI, P.; GARCIA, E.E.C.; OLIVEIRA, L.M. Tecnologia de biscoitos. **Manual Técnico nº 1**. ITAL, 86p., 1988.