

“USO DO METODO TAGUCHI NO CONTROLE DA UMIDADE NO PROCESSAMENTO DA FARINHA DE PEIXE”

163009301

Resumo: Na produção da farinha de peixe (steam dried fish meal), é comum a existência de falhas devido a diversos fatores internos nas diferentes etapas do processamento, o qual pode modificar total ou gradualmente os parâmetros físicos-químicos da farinha de peixe alterando a qualidade do produto. Entre os parâmetros físico-químicos o mais afetado é a umidade, dando como resultado variações fora da faixa das normas internacionais estabelecidas (7- 8%). O estudo aplica o Método Taguchi com a finalidade de analisar como influem os fatores de controle das diferentes etapas do processo no valor da umidade. Para isso é montada uma matriz ortogonal com os fatores de controle de etapas específicas do processo selecionados no estudo e a variável resposta (umidade). Da análise desenvolvida chegou-se à conclusão que para manter um valor de umidade dentro da faixa estabelecida, é preciso manter os fatores de controle das etapas selecionadas no processo em um nível intermediário, de essa forma a análise propõe a melhor condição de ajuste destes fatores.

Palavras-chaves: Taguchi, Umidade, Farinha de peixe.

1. INTRODUÇÃO

A farinha de peixe é um produto utilizado como insumo na produção de alimentos para animais de consumo humano principalmente para aves, suínos e bovinos. A farinha de peixe tem como matéria prima um peixe denominado Anchoveta (*Engraulis ringens*) encontrado nas águas frias da corrente de Humboldt no Oceano Pacífico. Países como Perú e Chile são seus principais produtores sendo o primeiro o maior produtor a nível mundial e exportada a diferentes países no mundo entre eles os Estados Unidos, Alemanha, China e Japão.

A importância deste produto radica principalmente no seu conteúdo energético de proteínas que é notavelmente maior comparado com outras farinhas de origem animal o vegetal. A farinha de peixe tem um conteúdo de 70 a 80 % na forma de proteína concentrada de alta qualidade e rica em ácidos graxos como Omega-3, DHA (Ácido Docosaheptaenóico) e EPA (Ácido Eicosapentaenóico), indispensáveis para o rápido crescimento dos animais. Na Tabela (1) são apresentados os principais parâmetros físico-químicos que determinam a qualidade da farinha de peixe.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos e as diferentes qualidades da farinha de peixe.

Parâmetro	Unidade	Nível	Qualidade			
			S.Prime	Prime	Standard 1	Standard 2
Proteínas	%	Maximo.	68	67	66	<66
Óleo	%	Maximo.	10	10	10	>12
Umidade	%	Maximo.	7-8	7-8	7-8	7-8
Cinzas	%	Maximo.	16	17	17	>17
Cloretos	%	Maximo.	3,5	3,5	4,75	>4,75
Cloretos + Areia	%	Maximo.	4	4	5	>5
Areia	%	Maximo.	1	1	2	>2

Fonte: Romero (2005).

O processo produtivo da farinha de peixe inicia desde a recepção e a lavagem da matéria prima com a finalidade de reduzir os cloretos presentes no peixe antes de ingressar aos poços de armazenamento. Logo passa à etapa da cocção conduzida por intermédio de um transportador de caçamba a um equipamento cilíndrico com isolamento térmico onde circula vapor, internamente composto de um parafuso helicoidal o qual permite a correta circulação e cocção do peixe.

Dentro deste parafuso helicoidal circula uma corrente de vapor com a finalidade de esterilizar e deter o processo de deterioro e a degeneração das proteínas. O produto da cocção é homogeneizado num equipamento denominado “pre-estruje”, onde a matéria cozida atravessa malhas de 20 mm de diâmetro e posteriormente enviadas para a etapa de extração. Na etapa extrativa a matéria cozida passa por etapas de drenado e prensado, onde o conteúdo de umidade diminui consideravelmente, dando como resultado um produto intermediário conhecido como “Cake” e subprodutos os quais tem consideráveis porcentagens de sólidos e óleo. Esses subprodutos são conhecidos como “Caldos” e estes passam à etapa de centrifugação onde se separa o óleo e o resíduo é denominado água de cola, este ultimo passa à etapa de concentração onde se produz uma corrente que contem aproximadamente 40% de sólidos os quais são devolvidos ao processo. A etapa da secagem define as características finais do produto, o “Cake” resultado do prensado, ingressa aos secadores rotativos a vapor com a finalidade de retirar o conteúdo de umidade restante; obtendo finalmente uma umidade numa faixa de 7 - 8,5.

A última etapa do processo é a inserção do antioxidante para a estabilização das gorduras presentes na farinha e o respectivo embalado. Na prática as operações estão submetidas a diversos fatores não controláveis chamados ruídos. No estudo estes ruídos não são considerados por não ter dados suficientes para construir a matriz, no trabalho só se identificara os fatores e níveis das operações mais significativas que influem no processo e na qualidade do produto. (Romero, 2005).

2. IDENTIFICAÇÃO DAS FUNÇÕES PRINCIPAIS, OS EFEITOS COLATERAIS E NA FORMA NA QUE FALHA

Um fator importante no processamento é a velocidade relacionada à primeira parte do processo (Cocção). No processamento da farinha de peixe não é conveniente processar a baixa velocidade, pois além de ter um maior consumo de energia, processar a baixa velocidade faz que a matéria prima perda qualidade pelo tempo de armazenagem, pois a porcentagem de água aumenta e dificulta a cocção e também perde qualidade pelo deterioramento. A temperatura de cocção deve operar na faixa de 90 - 100 ° C, processar a uma temperatura por debaixo de esta faixa produz uma deficiente esterilização e complicações em outras partes do processamento.

A etapa de extração é uma parte importante do processo, daqui se obtém o subproduto para a obtenção do óleo de peixe e uma redução considerável do conteúdo de umidade do produto intermediário que passa para a etapa da secagem. A etapa de secagem é a parte do processamento onde se retira toda a umidade, nesta etapa são fixados os percentuais finais dos parâmetros físico-químicos que determina a qualidade final do produto.

As etapas anteriormente mencionadas são representadas no diagrama causa-efeito Fig. (1) Diagrama de ISIKAWA (Der, et al. 2004), esquematizando os fatores e a variável objetiva no estudo.

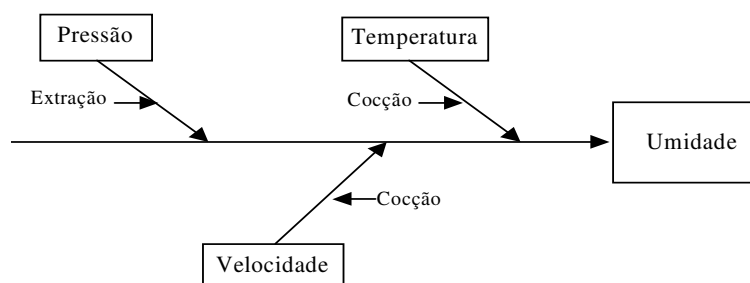


Figura 1: Diagrama Causa-Efeito de Isikawa.

3. MÉTODO TAGUCHI APLICADO AO PROCESSO DE FARINA DE PEIXE:

O método Taguchi implica a redução da variância através do projeto robusto de experimentos para otimizar a qualidade do produto ou processo através da identificação e ajuste dos seus fatores controláveis, isso implica o uso de arranjos ortogonais para organizar os parâmetros que influem no processo e os níveis nos quais deveria variar.

O processo de robustez tem duas ferramentas importantes, principalmente a proporção do sinal/ ruído (S/R) que proporciona a qualidade do produto e a tabela de ANOVA a qual facilita o estudo de muitos parâmetros simultâneos, (Taguchi, 2005).

No estudo tem-se como variável resposta a umidade o qual é um parâmetro importante na qualidade do produto. O valor da umidade da farinha de peixe a qual deve manter-se na faixa de 7- 8 %. Neste caso trabalha-se com S/R nominal é melhor a qual se tem que maximizar, (Amarnath, et al. 2005). Então a proporção S/R para todas as características relatadas anteriormente são:

$$S / R = 10 * \log \left(\frac{(\bar{y})^2}{S^2} \right) \quad (1)$$

Onde S^2 é a variância e $(\bar{y})^2$ é o media das variáveis respostas (% de umidade). No método Taguchi, os parâmetros do projeto ou fatores são considerados significantes si tem um valor de F maior a dois a qual é apresentada pelo método estatístico que é estimada pelo analise da variância apresentada na tabela da ANOVA, (Borges, 2007). A tabela ANOVA foi construída com as seguintes equações:

$$STQ = \sum (y_E - \bar{y})^2 \quad (2)$$

$$SQ_i = \prod_{i=a}^c 3 * (m_{ij} - \bar{y})^2; \quad j = 1,2,3 \quad (3)$$

$$SQ_{erro} = STQ - \sum (SQ)_i \quad (4)$$

$$gl = n - 1 \quad (5)$$

$$gl_{erro} = (E - 1) - \sum gl_i \quad (6)$$

$$SMQ = \frac{SQ}{gl} \quad (7)$$

$$f = \frac{SMQ_i}{SMQ_{erro}} \quad (8)$$

Onde STQ é a soma total dos quadrados, SQ_i é a suma dos quadrados de cada fator, y_E é a resposta do experimento E, gl são os grados de liberdade, SMQ é a variância de cada fator, f é fator calculado, E é o experimento, i é o fator, j é o nível.

4. ANÁLISE E CONSTRUÇÃO DA MATRIZ

O interesse do trabalho é estudar a variabilidade da umidade já que uma modificação no valor da umidade fora da faixa produziria uma muda da qualidade. A Figura (2) representa os dados da variação da umidade os quais forem obtidos do controle de processo, estes dados forem re-ordenados em nove medições correspondente feitas em horas de produção, (Romero, 2005).

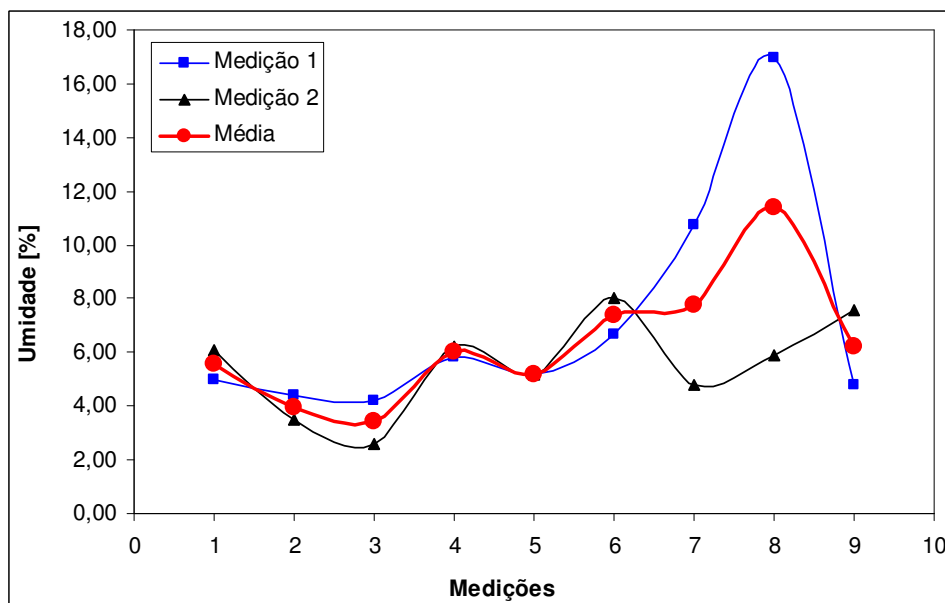


Figura 2. Variação da resposta (% umidade) e a media das respostas.

A Tabela (2) apresenta os fatores e a variável objetiva do estudo, são ordenados identificando o nível baixo (1), nível médio (2), nível alto (3). Com esses dados reais determina-se o arranjo ortogonal que melhor adapta-se ao experimento, com isso a Tab. (3) apresenta o arranjo ortogonal de 3 níveis e 3 fatores (L_9) o qual foi selecionado para o estudo, (Taguchi, 2005). Uma modificação muito importante é feita para a abordagem tradicional de Taguchi na distribuição das variáveis para a matriz L_9 , embora o L_9 pode ter 4 variáveis independentes ou fatores; não será uma matriz saturada, pois só 3 fatores são selecionados, deixando uma coluna em branco (Rosa, 2004; Hemry, 2007). A abordagem de Taguchi seria atribuir variáveis experimentais para todas as colunas ou para selecionar um arranjo menor.

Tabela 2. Fatores e níveis de controle.

Etapa do processo	Fatores de Controle	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Cocção	(A) Velocidade (RPM)	3	4	5
	(B) Temperatura (K)	363	368	373
Extração	(C) Pressão (Psi)	2000	2250	2500

Fonte: Romero (2005).

Tabela 3. Arranjo ortogonal L_9 .

Número de Experimento	Fator			
	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

As interações entre um o, mas variáveis não são de muita importância no experimento, pelo qual se considera como coluna fantasma o fator D. A Figura (3) apresenta o gráfico linear L_9 utilizado para ordenar as variáveis, (Taguchi, 2005). A matriz final é apresentada na Tab. (4) com os dados do experimento e a S/R calculada mediante a Equação 1.

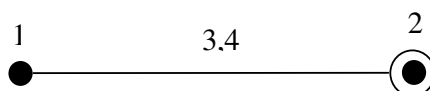


Figura 3. Gráfico linear do arranjo L_9 . (Taguchi, 2005).

Tabela 4. Matriz 3^3 para a resposta da Umidade e a proporção S/R.

Exp. N	Fatores de controle			Umidade (1) %	Umidade (2) %	Media	S/R
	Velocidade (RPM)	Temperatura (K)	Pressão (Psi)				
	A	B	C				
1	1	1	1	5,00	6,10	5,55	17,07
2	1	2	2	4,40	3,50	3,95	15,86
3	1	3	3	4,20	2,60	3,40	9,56
4	2	1	2	5,85	6,20	6,03	27,73
5	2	2	3	5,20	5,10	5,15	37,25
6	2	3	1	6,70	8,00	7,35	18,06
7	3	1	3	10,75	4,80	7,78	5,33
8	3	2	1	16,95	5,90	11,43	3,30
9	3	3	2	4,8	7,60	6,20	9,91

5. RESULTADO E DISCUSSÃO:

A análise dos resultados obtidos das variáveis respostas determinou a significância dos fatores do processo mediante ANOVA, na Tab. (5) e o gráfico dos efeitos Fig. (4) notou-se que os fatores A e C, velocidade de processamento e pressão na etapa de extração respectivamente forem mais significantes no valor da umidade da farinha.

Tabela 5. ANOVA da variável resposta.

ANOVA				
Fatores	SQ	GL	SMQ	F
A	26,13	2	13,06	10,01
B	2,21	2	1,11	0,85
C	14,49	2	7,25	5,55
Erro	2,61	2	1,30	

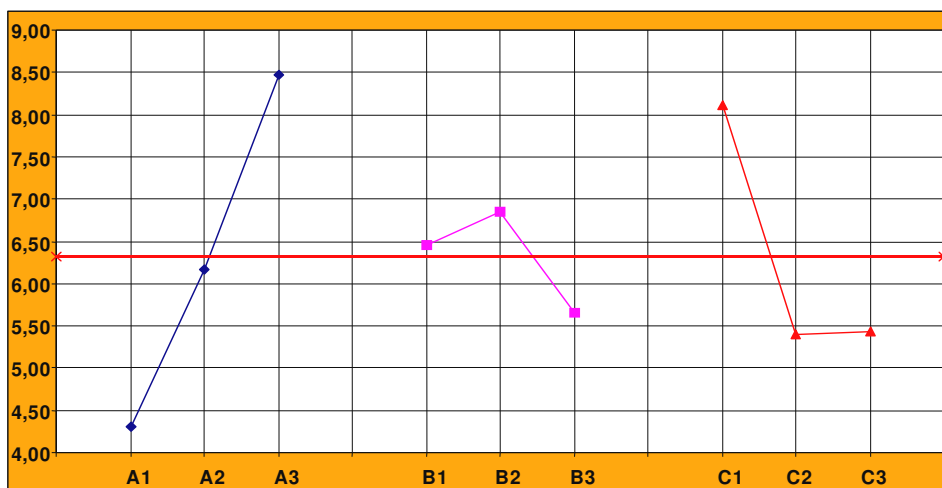


Figura 4. Gráfico da resposta dos fatores.

De acordo com os princípios do método Taguchi; no estudo se define que a melhor condição de processo para manter uma estabilidade no parâmetro da umidade, é com uma maximização da S/R, é dizer, minimização da variância. Na análise da Tabela (5) para a ANOVA dos fatores forem utilizadas as equações (2-8). Aplica-se a metodologia de Taguchi com a finalidade de entender como as variáveis de diferentes etapas do processo influem no valor da umidade.

Fazendo a análise ANOVA à razão sinal ruído (S/R), tem-se que a condição de melhor ajuste do processo é trabalhar no nível médio de cada fator, apresentada na Fig. (5) a velocidade da cocção deve operar a 4 RPM, a temperatura da cocção no deve baixar o valor de 368 K (95 °C) e a pressão de extração deve manter-se em 2250 Psi.

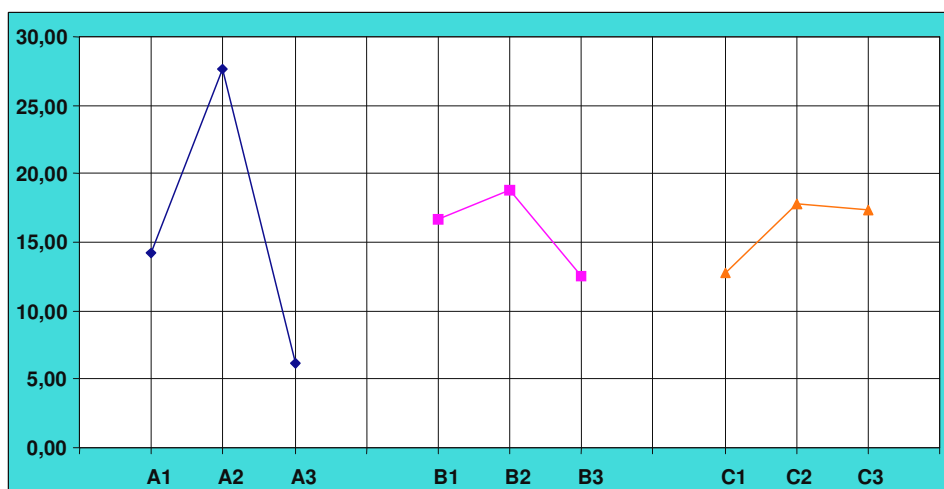


Figura 5. Gráfico da resposta da razão sinal ruído (S/R).

6. CONCLUSÕES

Da análise desenvolvida determinou-se que a velocidade da cocção é um dos fatores mais importante no processo da farinha de peixe, pois ao produzir a uma maior velocidade se produz demasiada instabilidade no processo modificando o valor da umidade e com isso a qualidade da farinha.

Na prática o aumento da velocidade de processamento se desenvolve de forma gradual mais, sempre esta submetida à instabilidade. O estudo demonstra que se devem manter condições médias de operação para minimizar a variabilidade da umidade, isto pode ser possível, mais economicamente não é muito viável devido a que operar em níveis intermediários implica um maior consumo energético e um maior tempo de processamento, o qual modifica a qualidade da matéria prima influenciando dessa maneira na qualidade do produto final.

A pressão de extração é um fator importante, uma boa extração de líquidos assegura uma secagem estável da farinha. Do estudo se estabelece que o fator pressão de extração deva efetuar-se em condições médias, mas quando a matéria prima é de boa qualidade, também se pode concluir que a etapa de extração precisa de um redimensionamento das prensas para poder atingir os níveis maiores de processamento.

Nem sempre a mesma combinação de melhor ajuste do fator S/R, é o mesmo da resposta média como observado na Fig. (4) e a Fig. (5). A decisão de qual ajuste deve ser feita será uma função da análise do processo, com relação a custos, dificuldades, vantagens, etc. Uma análise mais detalhada e dificultosa pode ser feita incluindo o fator do deterioro da matéria prima no tempo a qual será desenvolvida em futuras pesquisas.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, assim como também a Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá e ao Departamento de Transmissão e Conversão de Energia.

9. REFERENCIAS

Amarnath C., Karunakaran K.P., Sreenathbabu A., “Statistical process design for hybrid adaptive layer manufacturing”, Emerald Group, Volume 11, pp. 235-248, 2005, disponível em: <http://emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet;jsessionid=5319FF062EAE5A4F4D835CD34F6D297B?FileName=Published/EmeraldFullTextArticle/Articles/1560110405.html>, Acesso: 15 de novembro de 2007.

Chien-Yu Huang, Tai-Yue Wang, November 2007 “Improving forecasting performance by employing the Taguchi Method”, European journal of operational research, vol. 176, Pag. 1052-1065.

Der Howu, Mao Sheng Chang, Março 2004, “Use of Taguchi method to develop a robust design for the magnesium alloy die casting process”, Material science & Engineering A, Vol. A379, Pág. 366-371.

Dhury S., Taguchi G., Wu Y., 2005, “Taguchi Quality engineering Handbook”, New Jersey, editora John Wiley & Sons.

Henry K. “Applying Taguchi Designs to EMMAQUA Weathering Experiments”, Atlas Weathering Services Group, pp. 1-15, 2000, disponível em: <http://www.atlas-mts.com/filestore/139/applyingtaguchidesignstoemmaquaweatherin.pdf>, Acesso: 21, novembro do 2007.

Montgomery, D.C. 1991 “Design and Analysis of Experiments”, 3rd ed.; editora John Wiley and Sons: NY.

Planejamento e Experimentos, BORGES M., aula 2007, Pós-graduação, Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá.

Romero Luna C. L., 2005. “Estudio y analisis de la operación de secado para mejorar el contenido de humedad de la harina de pescado producido en la planta pesquera Chicama S.A.C”, 2005, Informe de grado de Bachiller (Grado de Ingeniería Química), Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho.

Rosa J. L., 2004. “Utilização do método de Taguchi no processo de eletrodeposição de cobre sobre fio de titânio, em magnetos supercondutores”. 157 f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica – Projetos e Materiais) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2004.

10. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.