

PÃO SEM TRIGO

CLÁUDIO ERNANI MENDES DA SILVA*
ANA CRISTINA QUIXABEIRA ROSA E SILVA**
NÉLSON ANTONIO SERON RIOS**
MARIA DE FÁTIMA FONSECA**

Pães de outros cereais e tubérculos podem ser desenvolvidos. Suas formulações são compostas de farinhas ou amidos extraídos desses vegetais juntamente com emulsificantes e ou gomas. Alguns dos produtos obtidos assemelham-se ao pão convencional em vários aspectos como volume, textura interna, coesividade da massa, contudo, têm gosto diferente do pão de trigo. Pesquisas básicas e aplicadas foram realizadas para melhor compreensão da qualidade e do desenvolvimento desses produtos. O presente artigo pretende descrever os trabalhos desenvolvidos com os "non - wheat breads".

1 INTRODUÇÃO

A tendência para o aumento do consumo de pão nos países do terceiro mundo está crescendo e, paralelamente a isso, vem crescendo também a importação de trigo por esses países, em função de não possuírem regiões adequadas para o cultivo do trigo, ou por não disporrem de programas agrícolas destinados a atingirem auto-suficiência de produção.

Dante deste fato, acentua-se cada vez mais a dependência dos países importadores de trigo em relação aos países exportadores, com as consequentes desvantagens técnico-econômicas que essa situação pode acarretar.

Como soluções para esses países, poderiam ser sugeridas três alternativas, a saber: 1º) Definição de política agrícola de produção e melhoramento do trigo visando a auto-suficiência nos países onde houvesse condições para tal (caso do Brasil); 2º) Criação de programas de pesquisa para dar continuidade a projetos já

* Docente do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba.

**Discentes do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba.

executados com sucesso em alguns países (Brasil, Colômbia, Holanda) visando a obtenção de pães elaborados com farinhas mistas, adicionando-se à farinha de trigo, farinhas de outros cereais ou tubérculos, nos níveis tecnológicos permitidos, com a finalidade de diminuir a importação de trigo; 3º) Desenvolvimento de pães de outros cereais, com características semelhantes ao de trigo.

Esta última alternativa parece ser a mais atraente, porque cria novos hábitos alimentares e libertaria científicamente os países que viessem a adotá-la, incentivando, ao mesmo tempo, o consumo de outros cereais. Entretanto, a adoção desta última hipótese encontra sérias barreiras para ser implementada. Os países tradicionais exportadores de trigo tentam desencorajar essa alternativa através de artigos assinados por cientistas de renome em revistas científicas de projeção internacional (*) e, explorando a capacidade de "lobby" que algumas entidades americanas de investigação científica têm, sobre organismos internacionais financiadores de pesquisa na área de tecnologia de alimentos. Na opinião dos autores, talvez isto possa explicar a descontinuidade de trabalhos iniciados nesse campo no Institute for Cereals, Flour and Bread TNO-Wageningen na Holanda, patrocinados pela FAO. Mas, apesar disso, mesmo em países exportadores de trigo (EUA, Canadá), estudos superficiais para a produção dos "non-wheat breads" foram desenvolvidos, porém com ênfase apenas na possibilidade desses "pães" virarem a ser utilizados por pessoas portadoras da doença do celíaco (intolerância alimentar a ingestão de glúten) ou com fenilcetonúria.

Por tratar-se de assunto da mais alta importância, com possibilidade de gerar atraente campo de trabalho, será feita revisão sucinta dos trabalhos desenvolvidos nessa área.

2 PESQUISA BÁSICA

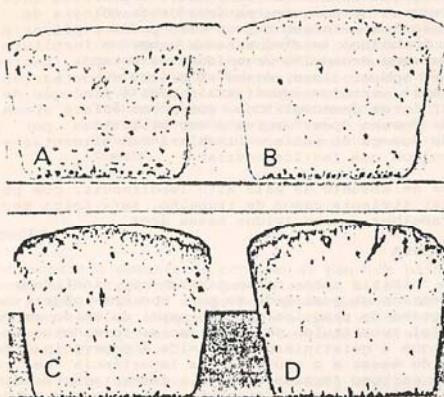
As pesquisas iniciais nesse campo tiveram por finalidade obter melhor compreensão da qualidade do pão. Com esse objetivo ROTSCHE conduziu programa de pesquisa sobre o papel do amido em pães onde o glúten foi substituído por substâncias formadoras de gel. Ele concluiu que a gelatinização do amido é o principal fator na estruturação da massa e o glúten teria importância na retenção do dióxido de carbono formado durante a fermentação e na retenção temporária da água necessária para gelatinizar o amido. A estrutura interna do pão (miolo) seria influenciada pelo grau de gelatinização. ROTSCHE, então, postulou que qualquer substância formadora de gel poderia desempenhar estas duas funções e recomendou o uso de goma locuste e alginato de sódio (18).

JONGH demonstrou que a adição de glicerol mono-estearato (GMS) à massa de amido melhorava a retenção gasosa e a estrutura do pão. JONGH supôs ainda que, uma massa feita de amido puro e água, representava suspensão concentrada estável, onde forças repulsivas

(*) Consultar HOSENEY, R.C. Functional properties of pentosans in baked foods. *Food Technology*, 38(1):114-7, 1984.

entre os grânulos de amido tornavam a suspensão dilatante. O ar incorporado à massa durante a mistura e o dióxido de carbono produzido pela levedura, não encontravam estrutura suficientemente forte para retê-los. Parte do gás formado escapava facilmente e parte era retido para formar células irregulares. A adição de GMS à suspensão, provocava a atração dos grânulos entre si e, quando esta atração atingia determinado valor, a massa adquiria propriedades plásticas, tornando-se suficientemente coesiva para a retenção de dióxido de carbono desenvolvido durante a fermentação (9). Como pode ser visto na Figura 1, após o cozimento, o produto tem maior volume e estrutura interna mais regular, com o aumento do teor de GMS.

FIGURA 1 - PÃO DE AMIDO SEM TRIGO



- A) Formulação básica*
B) Formulação básica com adição de 0,05% de GMS
C) Formulação básica com adição de 0,1% de GMS
D) Formulação básica com adição de 1% de GMS

* Formulação básica: 100,0 g de amido de trigo, 60,0 g de água, 2,0 g de cloreto de sódio, 4,0 g de sacarose, 6,0 g de levedura (JONGH, 9).

Para melhor entendimento de função do tipo de amido em panificação, HOSENEY et alii isolaram amido de vários cereais como milho, sorgo, aveia, cevada, centeio, arroz e batata e realizaram estudos de reconstituição desses amidos com gluten e aquossolúveis de farinha de trigo duro, conduzindo testes de panificação com essas farinhas reconstituídas. Amidos de centeio e cevada tiveram desempenho praticamente igual ao amido de trigo nos testes de panificação. Isolaram ainda, grânulos pequenos de amido de farinha de trigo duro de inverno verificando que a performance desse amido menor nos testes de panificação era idêntica a da farinha de controle (onde havia grânulos grandes e pequenos) ficando evidente que o tamanho do grânulo não influencia o potencial de panificação de um amido. Os amidos de milho, sorgo e arroz, que tem temperaturas de gelatinização superiores à do amido da farinha de controle apresentaram fracas características de panificação, assim como os amidos que gelatinizavam na mesma faixa de temperatura, como os amidos de aveia, batata e do trigo durum (8). HOSENEY et alii ainda verificaram que os amidos gelatinizavam em temperaturas muito mais altas na massa que numa suspensão de amido/água a 4%, freqüentemente encontrada nos ensaios de gelatinização no viscoamilógrafo (8).

3 PESQUISA APLICADA

Os resultados dessas pesquisas básicas, desenvolvidas principalmente com amido de trigo, deram início em vários países ao desenvolvimento de pães sem gluten para pessoas com doença do celiaco.

No Instituto de Cereais, Farinha e Pão TNO de Wageningen na Holanda, foram testadas várias combinações de farinhas amiláceas e protéicas com vários substitutos de gluten com a finalidade de optimizar sua performance em panificação (11, 12, 13, 14). Em seus estudos, KIM e DE RUITER encontraram duas grandes dificuldades:

- 1º) Como obter massa de coesividade suficiente para permitir expansão durante o processo de cozimento;
- 2º) Como produzir pão com miolo semelhante ao pão de trigo.

As soluções por eles utilizadas para o primeiro problema, foram atingidas com o uso de substâncias formadores de gel, ou surfactantes como GMS ou polioxietilenosteearato (POES). Para resolver a segunda dificuldade, propuseram misturar ao amido de mandioca, farinha de soja desengordurada contendo GMS e CSL como aditivos. Os melhores resultados foram obtidos com mistura de 80,0 partes de amido de mandioca e 20,0 partes de farinha de soja desengordurada. A Tabela 1 resume a formulação e as condições experimentais usadas na fabricação do pão de amido de mandioca e soja, enquanto que a Figura 2, mostra a seção reta do corte desse pão. Entre amidos de várias origens testados (milho, trigo, batata, etc) o amido de mandioca apresentou o gel de propriedades mais coesivas.

Para conseguir bons resultados com a mistura soja/amido de mandioca, afirmam KIM e DE RUITER, é importante:

- a) adicionar bastante água na preparação da mistura para se obter uma pasta semi-líquida;

- b) adicionar GMS na forma de emulsão;
- c) misturar completamente os ingredientes da mistura, fazendo-se remix após curto tempo de fermentação;
- d) utilizar farinha de soja com índice de solubilidade de nitrogênio de aproximadamente, 60%.

Esses quatro fatores combinados contribuem para a incorporação de ar pela massa durante a mistura, facilitando seu crescimento com menor pressão dos gases formados na fermentação.

TABELA 1 - FORMULAÇÃO DO PÃO DE AMIDO DE MANDIOCA/SOJA E O PROCEDIMENTO UTILIZADO NA SUA FABRICAÇÃO

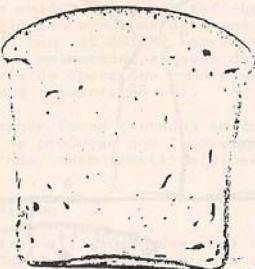
| A FORMULAÇÃO | PARTES (em peso) |
|--|--------------------|
| Amido de mandioca | 80,0 |
| Farinha de soja | 20,0 |
| Levedura prensada | 2,0 |
| Sal | 2,0 |
| Açúcar (sacarose) | 4,0 |
| Glicerol monoestearato (emulsão a 10%) | 13,5 |
| Estearoil-lactil-lactato de cálcio (CSL) | 0,15 |
| Água | 60,0 - 80,0 (a) |
| B PROCEDIMENTO | QUANTIDADE |
| Tempo de mistura | 10,0 min |
| Tempo de fermentação | 40,0 min |
| Tempo de remix | 5,0 - 10,0 min (b) |
| Divisão da massa | 0 min |
| Fermentação final | variável (c) |
| Tempo de cozimento | 30,0 min |
| Temperatura do forno | 230°C |

Depende:

- (a) da absorção de água da farinha
- (b) do tamanho do misturador
- (c) da velocidade de produção de gás da massa

O pão de mandioca obtido segundo o procedimento descrito na Tabela 1, ficava ligeiramente encharcado e borachento após o cozimento. Depois de 1 dia de fabricado, seu miolo tornava-se seco e menos borachento. Nesse estágio, suas características de textura lembram as de um bolo, é muito palatável e tem melhor aceitação pelo consumidor. Depois de 2 dias, o pão torna-se farelento. Imediatamente após o cozimento, o miolo do pão, apesar de ter textura borachenta na boca, mostrava menos coesividade que o miolo do pão de trigo.

FIGURA 2 - SEÇÃO RETA DE CORTE DO PÃO DE AMIDO DE MANDIOCA/FARINHA DE SOJA*



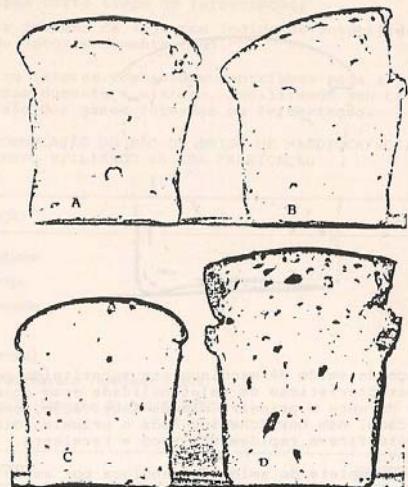
Quando um terço do amido de mandioca era substituído por amido de milho, suas características de palatabilidade eram acentuadamente melhoradas durante o primeiro dia de fabricação, seu miolo não ficava encharcado, nem borrachento. Após o primeiro dia de prateleira, o produto ficava rapidamente seco e farelento.

A substituição completa do amido de mandioca por amido de milho, trigo ou batata, produziu pão que ficava muito farelento logo após o cozimento. A coesividade do miolo ficava melhorada quando usavam hidroxipropilmetylcelulose (HPMC) a 1%, ao invés de GMS e CSL. Na Figura 3, pode ser vista a influência da substituição do amido de mandioca na presença de HPMC a 1%, usada como aditivo. Nesse caso, mais água era usada na formulação. Na mistura soja/amido de mandioca, a substituição de GMS e CSL da formulação inicial por HPMC produziu pão mais encharcado e borrachento.

A diferença no comportamento relativo desses aditivos pode ser atribuída as diferentes características de gelatinização desses amidos testados. No caso do amido de mandioca, a gelatinização precisa ser retardada para evitar produto final excessivamente borrachento. A adição de GMS e CSL controla sua gelatinização. No caso das massas formuladas com os amidos de milho, trigo ou batata, a gelatinização necessita ser promovida. Isso pode ser conseguido adicionando-se mais água à formulação e HPMC, entretanto, o domínio do processo ainda não foi atingido.

* Formulação básica: 80,0 partes de amido de mandioca; 20,0 partes de farinha de soja; 80,0 partes de água; 2,0 partes de NaCL; 4,0 partes de sacarose e 10,0 partes de emulsão GMS-10% (KIM e DE RUITER, 11).

FIGURA 3 - INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DO AMIDO DE MANDIOCA*



- A) Amido de mandioca + soja
- B) Amido de milho + soja
- C) Amido de batata + soja
- D) Amido de trigo + soja

Algumas hipóteses para explicar o comportamento desses amidos frente ao CSL, GMS e HPMC foram investigadas e já descartadas, como o tamanho dos grânulos, a temperatura de gelatinização (8) e a absorção máxima de água pelos amidos (11).

Os experimentos demonstraram que a coesividade da massa depende do amido e do aditivo empregados, e que por sua vez, o aditivo precisa ter compatibilidade com a farinha utilizada para a extração do amido. Outro fator considerado relevante é a velocidade de envelhecimento do pão. Nos pães de soja/amido de mandioca e

* Formulação básica: 80,0 g de amido; 20,0 g de farinha de soja desengordurada; 90,0 g de água; 2,0 g de cloreto de sódio; 4,0 g de sacarose; 1,0 g de hidroxipropilmetylcelulose (KIM e DE RUITER, 14).

soja/amido de trigo, o envelhecimento é consideravelmente mais lento que nos pães contendo amido de batata/soja e amido de milho/soja.

A substituição dos amidos puros por farinhas de mandioca, milho, sorgo ou millet melhorou o volume da massa, a coesividade do miolo e a estrutura do pão. DE RUITER, acredita que essas propriedades possam ainda ser melhoradas através do pré-processamento dessas farinhas através de operações como a maceração, cozimento e, possivelmente, com a fermentação (6).

Outros aditivos também foram testados em formulações com vários amidos e farinhas na produção dos "non-wheat breads" como as pentosanas, goma xantana, carboximetilcelulose e parahidroximetilcelulose.

Pentosanas como aditivo

Na Bélgica, CASIER et alii observaram que a adição de 2,0% de pentosanas extraídas de centeio e trigo a vários amidos e farinhas, produziram pães de boa qualidade que, se mantidos em contêiners hermeticamente fechados, poderiam permanecer frescos por vários meses. Como esse aditivo é extraído do trigo e do centeio, ele não parece adequado para ser usado mundialmente em larga escala (1, 2, 3).

Goma xantana como aditivo

O desenvolvimento da goma xantana pelo Northern Regional Research Laboratory (NRRRL) do USDA abriu novas possibilidades para a fabricação do pão sem trigo. A goma xantana é um heteropolissacárido resultante da fermentação da glucose pela Xanthomonas campestris e tem peso molecular da ordem de milhões de daltons (17).

No NRRRL, CHRISTIANSON et alii (4) e CHRISTIANSON (5) desenvolveram pães com amidos de vários cereais com goma xantana em proporções variáveis de 3,0 a 6,0%. As massas foram preparadas num misturador planetário, em seguida depositadas em formas, e assadas após período de fermentação de 1,0 hora. Dos quatro tipos de amido utilizados, o amido de trigo apresentou os melhores resultados. Um bom produto foi obtido com os amidos de batata e milho dentado. O uso do amido de milho ceroso e com alto teor de amido se produziram pães aceitáveis. Experimentos também foram conduzidos com Enriquecimento proteíco. Bons resultados foram obtidos com a adição de até 22,0% de isolado proteíco solúvel de soja. A possibilidade de substituição do amido pelo concentrado de soja insolúvel foi limitada. Os pães obtidos lembraram os pães de trigo em textura, volume, crosta e características de envelhecimento, com exceção do gosto.

Microscopicamente, nenhum grânulo de amido pode ser visto no miolo do pão de amido/goma xantana, ao contrário do que acontece com numerosos grânulos distorcidos observados no miolo do pão de trigo convencional. CHRISTIANSON sugeriu que o amido livre na forma granular precisa estar presente nas formulações para reter gás durante o crescimento da massa e que o amido gelatinizado se combina com a goma xantana para formar um complexo tridimensional capaz de reter gás (5).

Dentre os "non-wheat breads", o pão de amido/goma xantana, segundo DE RUITER, é o que mais se aproxima em características ao pão de trigo.

No Instituto Americano de Panificação em Chicago, nos EUA, também foram desenvolvidas pesquisas com farinhas de outros cereais usando goma xantana como aditivo. KULP et alii compararam amido de trigo pré-gelatinizado, carboximetilcelulose (CMC) e goma xantana separadamente em combinação com agentes surfactantes (GMS, mono e diglicerídeos, estearoil-lactatos) como ligantes com o amido de trigo para a produção de pães sem glúten (15). O procedimento utilizado foi o mesmo adotado por KIM e DE RUITER (11). Os três sistemas amido/substitutos do glúten produziram pães estruturalmente aceitáveis quando usados sem emulsificantes. O pão com goma xantana, em termos de propriedades gerais, volume e flavour apresentou-se superior aos pães feitos com CMC ou amido pré-gelatinizado. A adição de surfactantes não contribuiu para melhorar a formação de estrutura do pão sem glúten quando usado juntamente com as gomas. Esses resultados de KULP et alii (15) foram surpreendentes porque JONGH (10) demonstrou que os surfactantes são funcionais na produção dos pães de amido. Entretanto, JONGH não usou combinação de GMS e outras surfactantes, obteve coesividade suficiente para a massa se tornar capaz de reter gás.

Com base no trabalho de KULP et alii, RANHOTRA et alii fizeram pão sem glúten fortificado com soja. Utilizando 20% de um isolado protéico de soja como aditivo, obtiveram pão melhor do que quando usaram apenas amido. Eles demonstraram ainda ser possível aumentar o nível de soja em até 40,0%. Através da adição de soja à farinha de trigo, o miolo do pão convencional perde muito de suas características internas, assim também como esse "non-wheat bread", quando se aumenta progressivamente o teor de soja (16).

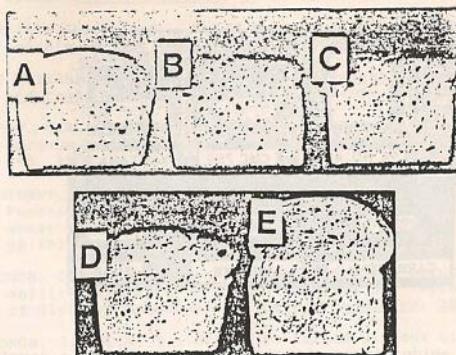
O perfil interno dos pães de soja podem ser vistos na Figura 4. Essas massas lembram mais as massas produzidas por KIM e DE RUITER que as produzidas por CHRISTIANSON et alii (4). Entretanto, CHRISTIANSON usou 6% de goma xantana e RANHOTRA et alii (16) apenas 2%.

Outras gomas como aditivo

NISHITA et alii desenvolveram pão de farinha de arroz e testaram na formulação do pão, as gomas locuste, guar, carragena, xantana, e hidroxipropilmetylcelulose (HPMC). Na formulação otimizada por essas autoras, a goma HPMC apresentou a melhor performance dentre as gomas utilizadas, conforme pode ser visto na Figura 5, o perfil da estrutura do pão obtido (19).

Metodologia de Superfície de Resposta foi utilizada por YLIMAKI et alii para otimizar o uso de carboximetilcelulose (CMC), hidroxipropilmetylcelulose (HPMC) e água numa formulação desenvolvida para pão elaborado com farinha de arroz e outros ingredientes. Várias combinações ótimas desses três ingredientes foram comparáveis em termos de volume, cor da crosta, cor do miolo e firmeza com o pão de trigo. O desenvolvimento de pães de arroz com HPMC era dependente do tipo de farinha, dos níveis de CMC e água usados na formulação (20).

FIGURA 4 - ESTRUTURA INTERNA DE PÃES DE SOJA (PÃO DE AMIDO DE TRIGO COM SOJA)*



- A) Soja 0%
- B) Soja 40%
- C) Soja 30%
- D) Soja 20%
- E) Pão de trigo (controle)

Pães de farinha de trigo e cevada

HART et alii examinaram vários aditivos na fabricação de pães de sorgo e cevada. Foi verificado bom crescimento com massas contendo 45% de sólidos. Várias gomas, especialmente metilcelulose 4000 cps aumentaram a retenção de gás no pão de sorgo e melhorou a textura de ambos os pães de cevada e sorgo. Os amidos (de sorgo, mandioca, araruta, milho, etc) utilizados nas formulações de HART et alii fizeram o pão de sorgo crescer mais rapidamente, melhoraram a textura e o volume da massa (7).

De acordo com CHRISTIANSON (5), a retenção de gás por massas como estas pesquisadas por HART et alii depende grandemente da presença de grânulos de amido livres. Na opinião de DE RUITER (6), a melhoria da estrutura do miolo pode ser ajudada pelo fato dos

* Formulação básica: amido de trigo 100,0 g; isolado proteíco de soja 0-40 g; água 120,0 - 195,0 g; sacarose 14,0 g; cloreto de sódio 2,0 g; gordura vegetal hidrogenada 10,0 g; levedura 7,5 g; goma xantana 2,0 g (RANHOTRA et alii, 16).

- 04 CHRISTIANSON, D.D.; GARDNER, H.W.; WARNER, K.; BOUNDY, B.K.; INGLETT, G.E. Xanthan gum in protein fortified starch bread. *Food Technology*, 28:23-9, 1974.
- 05 CHRISTIANSON, D.D. Baked foods fortified with vegetable protein. *Baker's Digest*, 50(3):34-6, 1976.
- 06 DE RUITER, D. Composite flours. *Advances in cereal science and technology*, AACC, 1978. p. 349-85.
- 07 HART, M.R.; GRAHAM, R.P.; GEE, M.; MORGAN, A.I.Jr. Bread from sorghum and Barley flours. *Journal of Food Science*, 35:661-665, 1970.
- 08 HOSENEY, R.C.; FINEY, K.F.; POMERANZ, Y.; SHOGREN, M.D. Functional (breadmaking) and biochemical properties of wheat flour components. VIII. Starch. *Cereal Chemistry*, 48:191-201, 1971.
- 09 JONGH, G. The formation of dough and bread structures. I. The ability of starch to form structures and improving effect of Glyceryl Monoestearate. *Cereal Chemistry*, 38:140-52, 1961.
- 10 JONGH, G.; SLIM, T.; GREVE, H. Bread without gluten. *Baker's Digest*, 42(3):24-9, 1968.
- 11 KIM, J.C. & DE RUITER, D. Bread from non wheat flours. *Food Technology*, 22:867-78, 1968.
- 12 KIM, J.C. & DE RUITER, D. Bread from non wheat flours. In: *Protein enriched cereal food for world needs*. Minnesota, AACC, 1969.
- 13 KIM, J.C. & DE RUITER, D. Baking products with non wheat flours. *Baker's Digest*, 43(3):58-63, 1969.
- 14 KIM, J.C. & DE RUITER, D. Bakery products from composite flours. In: WORLD CEREAL AND BREAD CONGRESS (5.:1970:Dresden). Proc.... Leipzig, VEB Fachbuchverlag, 1970. v.5. p. 33-40.
- 15 KULP, K.; HEPBURN, F.N.; LEHMANN, T.A. Preparation of bread without gluten. *Baker's Digest*, 48(3):34-7, 1974.
- 16 RANHOTRA, G.S. et alii. Preparation and evaluation of soy-fortified gluten-free bread. *J.Food Sci.*, 40:62-4, 1975.
- 17 ROCKS, J.K. Xanthan gum. *Food Technology*, 25:476-83, 1971.
- 18 ROTSCHE, A. Chemische und backtechnische Untersuchungen an Künstlichem Teigen. *Bröt.Gebäck*, 8:129-30, 1954.
- 19 NISHITA, K.D.; ROBERTS, R.L.; BEAN, M.M. Development of a yeast leavened rice-bread formula. *Cereal Chemistry*, 53(5): 626-35, 1976.
- 20 YLIMAKI, G. et alii. Application of Surface Response Methodology to the development of rice flour yeast breads. *J.Food Sci.*, 53(6):1800-5, 1988.