

Características físicas de dietas para peixes confeccionadas com diferentes aglutinantes

Osmar Angelo Cantelmo², Luiz Edivaldo Pezzato^{1*}, Margarida Maria Barros¹ e Antonio Celso Pezzato¹

¹FMVZ/Universidade Estadual Paulista, Caunesp/Campus de Botucatu, C.P. 560, 18.618-000, Botucatu, São Paulo, Brasil.

²Cepta-Ibama, C.P. 560, 18.618-000, Pirassununga, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência.

RESUMO. Este experimento teve por objetivo avaliar a eficiência de diferentes aglutinantes, a seco e na água, por meio da estabilidade física do pélete. Foram avaliadas duas técnicas de processamento (com ou sem vapor) e seis aglutinantes (carboximetilcelulose, polimetilcarbamida, amido de mandioca, alginato de sódio, polivinilpirrolidona, goma guar), através da análise de variância no esquema fatorial (2x6), além de um controle, ao qual não foi acrescido aglutinante. Concluiu-se que o aglutinante melhora significativamente a resistência física do grânulo, independente da técnica de processamento; que o vapor determina grânulos mais estáveis quando em contato com a água e, que o alginato de sódio proporciona grânulos fisicamente mais estáveis, em ambas as técnicas de processamento, enquanto a goma guar a pior.

Palavras-chave: dietas para peixes, aditivos, estabilidade física de dietas, processamento de dietas.

ABSTRACT. Influence of agglutinants on physical stability of fish diets. The aim of this paper was to determine the influence of different dry and water agglutinants, through physical stability of pellets. The agglutinants were sodium alginate, guar gum, polymethylcarbamide, polyvinylpyrrolidone, carboxymethylcellulose, and cassava starch. The manufacturing processes were two: with and without steam and extrusion. These treatments were evaluated through the variance analysis technique with the factorial scheme 2 x 6 (two processes and six agglutinants), and one control where no extra agglutinants was added. Results showed that, independently of processing technique, the presence the agglutinants improves the physical resistance of the pellets significantly, giving the whole pellets more stability while in contact with water, and that the sodium alginate gives pellets the highest aggregated characteristic, in both processes, while that guar gum gives the lowest.

Key words: fish diet, additive, physical stability, ration processing.

Introdução

As dietas dos peixes devem permanecer estáveis na água, o tempo suficiente para sua localização e consumo. Os grânulos devem manter sua integridade física, após contacto com a água, no mínimo por dez minutos. Essa estabilidade pode ser obtida mediante o emprego de produtos aglutinantes, os quais melhoram sua qualidade física e reduzem a lixiviação de nutrientes. Segundo Hephher (1968), a eficiência do aglutinante depende das características físicas e químicas dos ingredientes da mistura e da eficiência do equipamento empregado. Neste sentido, Piper *et al.* (1982) destacaram a gelatinização do amido como fundamental para a estabilidade do grânulo e,

segundo Halver (1971) tal processo é fundamental para menor lixiviação da proteína do grânulo.

A recomendação do milho, trigo e seus derivados como aglutinantes foi feita por Raven e Walker (1980), por suas características nutritivas e, principalmente, por resultarem em grânulos mais estáveis na água. Segundo Boonyaratpalin e Lovell (1977), 25% de farelo de arroz ou farelo de trigo resultaram em grânulos com melhores características físicas, sendo estes, melhores que milho e o farelo de algas. Nesse sentido, Jauncey e Ross (1982) recomendaram um mínimo de 12,0% de farinha de mandioca ou de milho na mistura para obtenção de grânulos mais estáveis na água.

Koentopp e Rodrigues (1988) comparam as características aglutinantes do *jelprint*, amido de milho, polvilho de mandioca e da farinha de trigo,

em níveis de 0,5% a 10,0% e observaram menor lixiviação com 3,0% de amido de milho. Nesse sentido, Meyers e Zein-Eldim (1972) e Pillay (1983) destacaram as gomas de cereais e de leguminosas, os amidos e a gelatina, como melhores aglutinantes para dietas. Segundo Patel e Mc Ginnes (1985) a ação aglutinante do feijão guar (*Cyanopsis sp*) se deve ao elevado teor de goma de seu endosperma (polissacarídeo galactoma-nose) com excelente característica aglutinante. Para Scott et al. (1973) a bentonita (2,5%), a hemicelulose (5,0%) e a farinha de guar (5,0%) são os aglutinantes mais utilizados em dietas.

Entretanto, em função do teor empregado, produtos como o farelo de arroz, aveia, alfafa, farinha de ossos e os derivados da celulose, lignossulfatos e bentonita, podem reduzir a estabilidade do grânulo na água (Nose, 1979) e, segundo Stickney (1979), embora existam muitos aglutinantes disponíveis, nem sempre propiciam boa estabilidade na água e, os níveis necessários podem impedir seu emprego.

Este estudo teve por objetivo, avaliar a eficiência de seis diferentes aglutinantes e de duas técnicas de processamento através da estabilidade física, a seco e na água, de dietas produzidas em equipamento industrial.

Material e métodos

Esta pesquisa se desenvolveu no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - UNESP - Botucatu, Estado de São Paulo, laboratório associado ao CaUnesp. Avaliou-se, nos níveis recomendados, a eficiência aglutinante dos seguintes produtos: carboximetilcelulose, polimetilcarbamida, amido de mandioca, alginato de sódio, goma guar e polivinilpirrolidona.

Os ingredientes tiveram seus diâmetros padronizados (<1,0 mm) e as dietas foram formuladas de modo a se apresentarem isoprotéicas (26,00% PB), e isoenergéticas (2700 kcal/ED/kg) (Tabela 1). Os ingredientes foram homogeneizados num misturador vertical (lotes de 50,0 kg) e submetidas à granulação numa prensa (*Koopers*) com câmara de acondicionamento. As características dos grânulos foram medidas através da resistência física, tempo máximo de flutuação, tempo de impermeabilização, tempo de turgidez máxima, tempo de agregação máxima e lixiviação de matéria seca.

A resistência física dos grânulos foi medida, submetendo amostras de 100 gramas ao atrito com um eixo metálico (500rpm) por dois minutos.

Foram realizadas 30 repetições por tratamento e a eficiência aglutinante foi quantificada em função da percentagem das perdas resultantes do atrito a que os grânulos foram submetidos. Para determinação do tempo máximo de flutuação dos grânulos, dos diferentes tratamentos, dez grânulos de cada amostra foram simetricamente distribuídos em bandejas flutuantes. Essas bandejas apresentavam fundo telado com malha 1,0mm superior ao diâmetro do grânulo. As bandejas foram cuidadosamente introduzidas em aquário de vidro com água parada. Determinou-se o tempo médio de flutuação (minutos) de 20 amostras para cada tratamento.

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes e características nutritivas das dietas experimentais

Ingrediente (%)	Tratamento						
	CMC ¹	PMC ²	AM ³	C ⁴	ALG ⁵	PVP ⁶	GG ⁷
Farinha de peixe	14,70	14,90	14,20	15,00	14,60	14,70	14,60
Farelo de soja	21,20	21,50	20,50	21,60	21,10	21,20	21,10
Farelo de trigo	29,40	29,90	28,50	30,00	29,20	29,40	29,20
Fubá de milho	32,20	32,90	31,30	33,00	32,20	32,20	32,20
Supl. vitamínico e mineral ⁸	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Violeta genciana	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Carboximetilcelulose ¹	2,00	-	-	-	-	-	-
Polimetilcarbamida ²	-	0,50	-	-	-	-	-
Amido de mandioca ³	-	-	5,00	-	-	-	-
Controle ⁴	-	-	-	-	-	-	-
Alginato de sódio ⁵	-	-	-	-	2,50	-	-
Polivinilpirrolidona ⁶	-	-	-	-	-	2,00	-
Goma guar ⁷	-	-	-	-	-	-	2,50
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Proteína bruta	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00
Energia digestível (kcal/kg dieta)	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700

⁸Níveis de garantia por kg de premix (Suprevit - SUPREMAIS): ácido fólico 1200 mg; pantotenato de cálcio 12000 mg; vit B₁ 4800 mg; vit. B₂ 4800 mg; vit. B₃ 4800 mg; vit. B₆ 4800 mg; niacina 24000 mg; vit. A 1200.000UI; vit. E 12.000 mg; vit. K 2400 mg; vit. D₃ 200.000UI; cobalto 2 mg; cobre 600 mg; ferro 10000 mg; iodo 20 mg; manganês 4000 mg; selênio 20 mg; zinco 6000 mg

No sentido de avaliar o tempo de impermeabilização, dez grânulos de cada tratamento foram introduzidos num *becker* de 500ml com água parada, sendo registrado o momento (em segundos) no qual a água ocupou espaços no interior dos grânulos. Foram realizadas 20 repetições para cada tratamento. Esse momento foi considerado quando se detectou a presença de bolhas de ar em pelo menos três destes grânulos. Para determinar o tempo de turgidez máxima utilizou-se um *becker* de 200 ml. Nesse *becker* com volume e temperatura da água sempre constante, introduzam-se dez grânulos, sendo considerado como tempo de turgidez máxima o momento no qual 40% destes apresentavam alteração de sua forma original (enturgecidos), sendo realizadas 20 repetições para cada tratamento. O tempo máximo de agregação foi realizado seguindo metodologia apresenta para a determinação do tempo de turgidez máxima, sendo adotado como o momento no qual pelo menos 50% dos grânulos

apresentaram-se desagregados (forma parcial de dieta farelada).

Para determinação da lixiviação de matéria seca, 12 g de cada tratamento (cinco repetições), foram acondicionadas nas mesmas bandejas utilizadas para determinação do tempo máximo de flutuação. Estas foram cuidadosamente introduzidas num aquário de vidro, com 50 litros de água, sem turbulência, por 10 minutos. Após esse tempo, os grânulos eram removidos da bandeja e submetidos à secagem em estufa com renovação contínua de umidade à 130°C, por duas horas. Após cada repetição a água do aquário foi substituída. No sentido de se obter as correções necessárias para a matéria seca original e medir as porcentagens reais de lixiviação, grânulos dos diferentes tratamentos, não submetidos ao contato com a água, também foram secos.

Determinou-se a estabilidade física, a seco e na água, de grânulos produzidos em equipamento industrial, através da análise de variância para o modelo com um fator estruturado no esquema fatorial 2x6 (2 técnicas de processamento e 6 aglutinantes), além de um controle, ao qual não foi acrescido aglutinante comercial. Completou-se a análise estatística com o teste de comparações múltiplas de Tukey (Montgomery, 1991). As conclusões foram realizadas ao nível de 5,00% de significância.

Resultados e discussão

O desvio padrão, o índice relativo de comparação (IRC%) e os resultados do teste estatístico para comparação das médias da Resistência Física encontram-se apresentados na Tabela 2. Submetendo-se os dados médios da Resistência Física (%) dos grânulos à análise estatística, observou-se que o tratamento controle (C) e goma guar (GG) apresentaram semelhante resistência física, quando processados sem vapor, enquanto os demais tratamentos apresentaram melhor resistência física quando processados com vapor. Estes resultados confirmam Hasting (1968) e Hephher (1968), de que a qualidade do grânulo depende da eficiência do equipamento utilizado no processamento e, Runsey (1980) de que o vapor por gelatinizar o amido, resulta em maior adesão entre as partículas constituintes do grânulo.

Observa-se que existiram diferenças significativas entre tratamentos, dentro de cada técnica de processamento. Dentro do grupo submetido ao processamento com vapor, embora os tratamentos polivinilpirrolidona (PVP), carboximetilcelulose (CMC), alginato de sódio (ALG) e polimetilcarbamida (PMC) não tenham diferido

estatisticamente, estes apresentaram melhor resistência física. Atribuindo-se (IRC) índice 100% ao tratamento controle, estes tratamentos apresentaram-se mais resistentes que o controle, respectivamente, em 4,98%; 3,86%; 3,37% e 3,25%. Entretanto, o amido de mandioca (AM), também pode ser classificado como bom aglutinante, diferindo apenas do PVP. Dentro desta técnica de processamento, os tratamentos GG e C apresentaram menor resistência física. Essas diferenças confirmam Pezzato (1989), quando destacou que a qualidade física do grânulo é determinada pelo vapor de água e pelo amido da mistura. Entretanto, a menor resistência apresentada pelo GG e C contrariam Patel e Mac Guimes (1985), quando obtiveram excelentes resultados com o aglutinante GG.

Tabela 2. Desvio padrão, índice relativo de comparação (IRC%) e resultado do teste estatístico para comparação das médias da Resistência Física (%) e do Tempo Máximo de Flutuação (minutos)

Aglutinante	Técnica de processamento			
	Com vapor		Sem vapor	
	IRC	IRC	IRC	IRC
Resistência Física (%)				
CMC ¹	97,58 (±0,49) cdB	+3,86%	96,04 (±0,72) bcA	+1,20%
PMC ²	97,01 (±1,02) bcdB	+3,25%	95,68 (±0,56) bcA	+0,82%
AM ³	96,67 (±0,71) bcB	+2,89%	93,34 (±3,24) aA	-1,64%
C ⁴	93,95 (±1,86) aA	100,00%	94,90 (±0,52) abA	100,00%
ALG ⁵	97,12 (±0,80) bcdB	+3,37%	94,40 (±1,52) abA	-0,52%
PVP ⁶	98,55 (±0,37) dB	+4,89%	97,16 (±0,56) cA	+2,38%
GG ⁷	95,59 (±1,29) abA	+1,74%	94,62 (±1,21) abA	-0,29%
CV (%) = 1,35				
DMS (5%) = 1,70 (para aglutinante dentro da técnica de processamento)				
DMS (5%) = 1,13 (para equipamento fixado o aglutinante)				
Tempo Máximo de Flutuação (minutos)				
CMC	1,15 (±1,05) bA	-73,25%	10,45 (±4,28) dB	9,08x
PMC	3,05 (±2,51) cA	-29,06%	13,20 (±6,10) cB	11,42x
AM	4,05 (±2,27) dB	-5,81%	2,30 (±2,45) cA	2,00x
C	4,30 (±2,80) dB	100,00%	1,15 (±1,03) bA	100,00%
ALG	2,65 (±1,78) cA	-38,37%	43,10 (±7,40) gB	37,47x
PVP	5,00 (±2,25) cA	+16,27%	28,50 (±5,36) fB	24,78x
GG	0,19 (±0,15) aA	-95,58%	0,90 (±0,90) aB	-21,73%
CV (%) = 43,31				
DMS (5%) = 0,47 (para aglutinante dentro a técnica de processamento)				
DMS (5%) = 0,31 (para equipamento fixado o aglutinante)				

¹CMC = carboximetilcelulose; ²PMC = polimetilcarbamida; ³AM = amido; ⁴C = controle; ⁵ALG = alginato; ⁶PVP = polivinilpirrolidona; ⁷GG = goma guar

Os grânulos processados sem vapor apresentaram semelhante resistência física ($p > 0,05$) à técnica anteriormente discutida, exceto para o ALG que apresentou estabilidade física intermediária. Pode-se verificar AM apresentou a pior resistência física, embora não tenha diferido dos tratamentos C, GG e ALG. Estes resultados refletem a melhor estabilidade física proporcionada pelo vapor de água, confirmando os obtidos por Piper *et al.* (1982), NRC (1983) e Pezzato (1989).

O tempo máximo de flutuação (minutos), desvio padrão, índice relativo de comparação (%) e resultado do teste estatístico para comparação das médias encontram-se apresentados na Tabela 2. Pode-se observar que houve diferença significativa entre as técnicas de processamento. Os tratamentos controle (C) e amido de mandioca (AM) quando processados com vapor resultaram em grânulos com melhor capacidade de manterem-se à superfície da água. Entretanto, os demais tratamentos também se portaram com esta característica quando processados sem vapor. Estes resultados demonstram a ação do vapor na gelatinização do amido, destacadamente para os tratamentos C e AM, cujos grânulos tiveram maior capacidade de flutuação. A qualidade do amido como aglutinante, em função de sua gelatinização, com destaque para a mandioca e seus derivados, foi destacado por Jauncey e Ross (1982).

Pode-se verificar que houve diferença estatística significativa entre tratamentos dentro de cada técnica de processamento. Entre os tratamentos processados com vapor, observa-se que o polivinilpirrolidona (PVP) apresentou melhor tempo de flutuação, 16,27% superior ao C (pelo IRC), resultado também obtido com a resistência física. Constatou-se, ainda, que a goma guar (GG) apresentou menor capacidade de manter-se a superfície da água (média de apenas 0,19 minuto), tempo 22,63 vezes inferior se comparado ao controle e 26,31 vezes inferior ao melhor tratamento, PVP. A baixa capacidade de flutuação do GG reflete seu comportamento de resistência física. Pode-se observar apresentaram-se semelhantes os aglutinantes C e AM e, PMC e ALG, classificados como de capacidade intermediária de flutuação.

Houve diferença significativa entre as dietas processadas sem vapor, sendo que os aglutinantes diferiram entre si. Nesse grupo, o GG mostrou o pior tempo médio de flutuação, enquanto o ALG o melhor, mantendo-se em média por 43,10 minutos à superfície da água, tempo não alcançado mesmo quando processado com vapor. Atribuindo-se índice 100% (IRC) ao controle, os tratamentos ALG, PVP, PMC, CMC e AM foram melhores que o C em cerca de 37,47; 24,78; 11,42; 9,08 e 2,0 vezes, enquanto apenas o tratamento GG revelou-se com baixa estabilidade (21,73% inferior ao tratamento C).

Embora a tendência em manter-se à superfície da água não seja adjetivo das dietas peletizadas, essa avaliação reflete a impermeabilização que o processo determina ao produto. Cabe destacar que os aglutinantes PVP e PMC também apresentaram ótimos resultados de resistência física. Por outro lado, os aglutinantes GG, C e AM apresentaram as

piores respostas de tempo máximo de flutuação e, ainda, a menor resistência ao atrito. Os resultados apresentados pelo ALG correspondem aos obtidos por Meyers e Zein-Eldim (1972), quando esse autor obteve, com dietas para peixes, 24 horas de estabilidade na água. Entretanto, as respostas negativas apresentadas pelo GG em ambas às técnicas de processamento contrariam os resultados obtidos por Scott *et al.* (1973) e Pillay (1983), que destacaram a característica agregante da goma.

O desvio padrão, índice relativo de comparação (IRC%) e resultado do teste estatístico para comparação das médias do tempo médio de impermeabilização (segundo) apresentam-se na Tabela 3. Verifica-se que as técnicas de processamento implicaram em diferenças significativas para tempo médio de impermeabilização para os tratamentos C e ALG. Observa-se ainda que o tratamento dieta C obteve melhor tempo de impermeabilização quando processado com vapor (2,7 vezes melhor que sem vapor), enquanto que para o aglutinante ALG o processamento sem vapor proporcionou melhor estabilidade (27,19%). O vapor resultou em grânulos mais estáveis, confirmando Pezzato (1989).

Tabela 3. Desvio padrão, índice relativo de comparação (IRC%) e resultado do teste estatístico para comparação das médias do Tempo de Impermeabilização (segundos) e do Tempo de Turgidez Máxima (segundos)

Aglutinante	Técnica de processamento			
	Com vapor		Sem vapor	
	IRC		IRC	
Tempo de Impermeabilização (segundos)				
CMC ¹	79,05 (±34,75) dA	+55,45%	75,80 (±20,98) cA	4,02x
PMC ²	58,60 (±27,23) bcdA	+15,24%	47,10 (±19,97) bA	2,49x
AM ³	37,45 (±14,76) abA	-26,35%	25,10 (±12,90) aA	+33,15%
C ⁴	50,85 (±16,31) abcB	100,00%	18,85 (±8,03) aA	100,00%
ALG ⁵	67,60 (±38,74) cdA	+32,94%	92,85 (±37,46) cB	4,92x
PVP ⁶	32,30 (±21,22) aA	-36,47%	38,65 (±19,28) abA	2,05x
GG ⁷	32,40 (±14,55) aA	-36,28%	23,65 (±7,82) aA	+25,46%
CV (%) = 47,62				
DMS (5%) = 21,57 (para aglutinante dentro da técnica de processamento)				
DMS (5%) = 14,33 (para equipamento fixado o aglutinante)				
Tempo de Turgidez Máxima (segundos)				
CMC	160,35 (±33,81) bB	+53,15%	73,10 (±11,88) bA	+83,90%
PMC	150,35 (±15,44) bB	+43,60%	66,75 (±24,12) bA	+67,92%
AM	155,10 (±18,90) bB	+48,13%	35,40 (±4,90) aA	-10,95%
C	104,70 (±19,78) aB	100,00%	39,75 (±4,58) aA	100,00%
ALG	231,50 (±37,66) cB	2,21x	198,50 (±38,92) dA	4,99x
PVP	147,90 (±23,63) bB	+41,26%	102,50 (±12,82) cA	2,57x
GG	87,50 (±11,88) aB	-16,43%	32,70 (±5,47) aA	-17,74%
CV (%) = 19,35				
DMS (5%) = 20,44 (para aglutinante dentro da técnica de processamento)				
DMS (5%) = 13,58 (para equipamento fixado o aglutinante)				

¹CMC = carboximetilcelulose; ²PMC = polimetilcarbamida; ³AM = amido; ⁴C = controle; ⁵ALG = alginato; ⁶PVP = polivinilpirrolidona; ⁷GG = goma guar

Dentro de cada técnica de processamento, o teste de comparação de médias, demonstrou que exceto o tratamento PMC, que não diferiu do tratamento

ALG e, o CMC quando processados com vapor apresentaram melhor tempo de impermeabilização quando processados sem vapor. Estes resultados vêm de encontro às conclusões obtidas por Hasting (1968) e Hephher (1968). Entretanto, os resultados positivos proporcionados pelo CMC contrariam os obtidos por Fujimara (1974) in Farmanfaim (1982). Os aglutinantes PVP, GG, AM e C apresentaram os piores tempos médios de impermeabilização em ambas as técnicas de processamento, contrariando os resultados obtidos com a goma guar por Pillay (1983) e Koentopp e Rodrigues (1988), quando obtiveram melhor estabilidade física com aglutinantes ricos em amido, com destaque ao amido de mandioca.

Constata-se que no processamento com vapor os aglutinantes CMC, ALG e PMC apresentaram melhor resistência física. O GG apresentou as piores características nos três parâmetros analisados e o C para resistência física. Quanto ao processamento sem vapor, o PMC apresentou boa estabilidade para os três parâmetros avaliados, enquanto o ALG teve melhor flutuação e o CMC a melhor resistência física. Os tratamentos GG, AM e C apresentaram baixa resistência física e capacidade de flutuação.

O desvio padrão, índice relativo de comparação (IRC%) e resultado do teste estatístico para comparação das médias do tempo médio de turgidez máxima (segundos) apresentam-se na Tabela 3. Pode-se observar que houve diferença significativa entre as técnicas de processamento, com melhor estabilidade física com a adição de vapor para todos os aglutinantes. Comparados ao controle, os aglutinantes ALG e GG, respectivamente, proporcionaram o melhor e o pior tempo médio de turgidez máxima, respectivamente, 2,63; 1,16 e 2,67 vezes superiores ao processamento sem vapor. O ALG diferiu dos demais e apresentou o melhor tempo médio de turgidez máxima, 231,50 (segundos). Os aglutinantes CMC, AM, PMC e PVP mostraram-se semelhantes, enquanto C e o GG mostraram de forma semelhante, a menor capacidade em manter a integridade física dos grânulos.

Atribuindo-se o índice relativo de comparação (IRC), 100% ao grupo C, verifica-se que o aglutinante ALG mostrou-se 2,21 vezes melhor que o C, enquanto que o GG foi 16,43% inferior. Os tratamentos CMC, AM, PMC e PVP, se apresentaram melhores que o tratamento C, respectivamente, em 53,15%; 48,13%; 43,60% e 41,26%.

Sendo o tempo de turgidez máxima, o momento em que o grânulo apresenta a característica física inicial, mas com volume grande de água, este seria o limite de manutenção da estabilidade física. Assim, esta variável retrata a qualidade do processamento e do aglutinante. Nestes termos, destaca-se a superioridade do ALG em ambas as técnicas de processamento para o tempo médio de impermeabilização. Por outro lado, a baixa característica agregante das dietas C e GG nesses quatro parâmetros avaliados.

Entre os tratamentos granulados sem vapor, constatou-se diferença entre os aglutinantes. O ALG apresentou o melhor tempo de turgidez máxima (198,50 segundos), seguido pelo PVP e pelos tratamentos CMC e PMC, que se mostraram semelhantes entre si. As piores respostas de tempo de turgidez máxima foram apresentadas pelos tratamentos C, AM e GG, que não diferiram entre si. Isso caracteriza a necessidade do vapor para obtenção de grânulos mais estáveis. Esses resultados contrariam os obtidos por Boonyaratphalin e Lovell (1977), quando estudaram as características aglutinantes de dezesseis ingredientes e concluíram acerca da qualidade do amido e, Jauncey e Ross (1982) que destacaram a mandioca e seus derivados como agregantes preferenciais. Entretanto, destaca-se a importância do processamento na qualidade física do grânulo.

O desvio padrão, índice relativo de comparação (%) e resultado do teste estatístico para comparação das médias do tempo médio de agregação máxima (segundo) apresenta-se na Tabela 4. Observou-se diferença significativa entre as técnicas de processamento sendo que, a adição de vapor melhor para todos os tratamentos. Os tratamentos AM, GG e controle (C) foram mais estáveis, respectivamente, em 5,57; 4,94 e 3,96 vezes que quando produzidos sem vapor.

Entre os tratamentos com vapor, o ALG apresentou melhor capacidade agregante, que comparado ao C pelo IRC, mostrou-se 3,34 vezes superior. Dentre os demais tratamentos, o C e o GG, semelhantes entre si, apresentaram as piores características físicas. Embora significativamente inferiores ao ALG, os tratamentos PMC, AM, PVP e CMC, também apresentaram maior estabilidade física que o C, destacando-se, entre estes, o PMC, o qual foi 2,23 vezes mais estável.

Em relação às características agregantes dos grânulos produzidos sem vapor, constatou-se diferença significativa entre os tratamentos. Esses resultados revelaram que os grânulos tiveram comportamento semelhante ao obtido com vapor.

Assim, o aglutinante ALG, mostrou-se ótimo, independente da técnica de processamento. Entretanto, o vapor melhorou a capacidade aglutinante do tratamento C, (9,33 vezes inferior ao ALG sem o vapor e 3,34 vezes com vapor), confirmando as afirmações de Hasting (1968), Pezzato (1989) e NRC (1993) de que a qualidade do grânulo depende do sistema de processamento e da gelatinização do amido.

Tabela 4. Desvio padrão, índice relativo de comparação (%) e resultado do teste estatístico para comparação das médias do Tempo de Agregação Máxima (segundos) e da Lixiviação de Matéria Seca (%)

Aglutinante	Técnica de processamento			
	Com vapor		Sem vapor	
		IRC		IRC
Tempo de Agregação Máxima (segundos)				
CMC ¹	1091,90 (± 136,91) bB	+74,73%	431,10 (± 16,45) cA	2,73x
PMC ²	1396,60 (± 80,00) dB	2,23x	880,45 (± 148,11) eA	5,57x
AM ³	1223,70 (± 49,79) cB	+95,71%	219,45 (± 15,12) bA	+39,02%
C ⁴	625,25 (± 15,81) aB	100,00%	157,85 (± 14,94) aA	100,00%
ALG ⁵	2092,85 (± 93,50) eB	3,34x	1473,00 (± 21,78) fA	9,33x
PVP ⁶	1167,80 (± 55,72) cB	+86,77%	538,25 (± 101,37) dA	3,40x
GG ⁷	659,90 (± 67,91) aB	+5,54%	133,40 (± 11,97) aA	-15,49%
CV (%) = 8,64				
DMS (5%) = 69,55 (para aglutinante dentro da técnica de processamento)				
DMS (5%) = 46,20 (para equipamento fixado o aglutinante)				
Lixiviação de Matéria Seca (%)				
CMC	0,28 (±0,22)	-85,26	1,69 (±0,14)	-39,20
PMC	0,56 (±0,14)	-70,52	0,68 (±0,20)	-75,53
AM	0,74 (±0,29)	-61,05	2,43 (±0,27)	-12,58
C	1,90 (±0,22)	100,00	2,78 (±0,46)	100,00
ALG	1,12 (±0,28)	-41,05	2,34 (±0,10)	-15,82
PVP	1,48 (±0,26)	-22,10	2,52 (±0,55)	-9,35
GG	1,42 (±0,20)	-25,26	2,44 (±0,55)	-12,23
CV (%) = 20,99				

¹CMC = carboximetilcelulose; ²PMC = polimetilcarbamida; ³AM = amido; ⁴C = controle; ⁵ALG = alginato; ⁶PVP = polivinilpirrolidona; ⁷GG = goma guar

Pode-se constatar que o ALG revelou-se como agregante eficiente confirmando os resultados de turgidez máxima e tempo médio de impermeabilização, quando processados com vapor e, para tempo de flutuação quando processado sem vapor. Estes resultados confirmam Spyridakis (1989) quando obteve com o ALG, estabilidade na água maior que 24 horas. Por outro lado, os piores resultados dos grânulos confeccionados com o GG repetiram os resultados obtidos para turgidez máxima, tempo médio de impermeabilização, capacidade de flutuação e resistência física, para ambas as técnicas de processamento, contrariando Patel e Mac Guimes (1985) que o classificaram como excelente agregante.

O desvio padrão, índice relativo de comparação (%) e o resultado do teste estatístico para comparação das médias da Lixiviação de matéria (%) apresentam-se na tabela 4. Submetendo-se estes dados à análise estatística observou-se que não houve

diferença significativa entre aglutinantes dentro de mesma técnica de processamento e ainda entre técnica de processamento dentro de aglutinantes, quando do desdobramento da interação aglutinante x técnica ($p > 0,05$).

Entretanto, observa-se tendência de menor lixiviação de matéria seca quando do processamento com vapor, corroborando com as afirmações de Hasting (1968), Hephher (1968), Lovell (1978), Runsey (1980) e Pezzato (1989) acerca da ação do vapor na câmara de acondicionamento, que promove a gelatinização do amido com maior adesão entre as partículas e menores de nutrientes. Atribuição índice 100% (IRC) à média do tratamento controle dentro de cada técnica de processamento, observa-se que os tratamentos CMC, PMC e AM revelaram tendência de menor perda de matéria seca, respectivamente, em 85,26%; 70,52% e 61,05%, quando processados com vapor e, quando sem vapor, os tratamentos PMC e CMC foram melhores que o C em 75,53% e 39,20%, respectivamente.

Menor lixiviação de matéria seca foi observada por Joyaram e Shetty (1981), quando 14% a 16% do amido de mandioca melhoraram a estabilidade dos grânulos; o mesmo foi também observado por Milanesi *et al.* (1992) e por Seixas Filho (1997), quando a mandioca resultou em grânulos mais estáveis. Entretanto, contraria os resultados obtidos por Koentopp e Rodrigues (1988), quando este se mostrou pior que o amido de milho. As características agregantes demonstradas pelos tratamentos não se repetiram para a lixiviação de matéria seca. O ALG e o PVP não proporcionaram menores perdas. Por outro lado, os aglutinantes CMC e PMC para ambas as técnicas de processamento, se mostraram bons aditivos aglutinantes. É importante ressaltar que estes resultados não deferiram estatisticamente, sendo estas observações realizadas com base nas tendências demonstradas pelo índice relativo de comparação.

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que independente da técnica de processamento, a adição de aglutinantes melhora significativamente a resistência física dos grânulos; que o processamento com vapor produz grânulos mais estáveis; que o alginato de sódio proporciona melhor característica agregante, em ambas as técnicas de processamento e, que a goma guar não proporciona boa característica agregante.

Agradecimentos

A indústria Supremais Produtos Bioquímicos Ltda. pelo apoio científico.

Referências

- BOONYARATPALIN, M.; LOVELL, R.P. Diet preparations for aquarium fisher. *Aquaculture*, Amsterdam, v.12, p. 53-62. 1967.
- COWEY, C.B.; ROBERTS, R.J. Patología de la nutrición de los teleosteos. In: ROBERTS, L.J. (Ed.). *Patología de los peces*, Madri: Mundi-Prensa, 1981. p. 249-62.
- FARMANFAIM, A. et al. Improvement of the stability of commercial feed pellets for the *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 27, p. 29-41, 1982.
- HALVER, J.E. *Fish nutrition*. New York: Academic Press, 1971.
- HASTINGS, W.H. Recent development in fish food technology, fish food processing. In: EUROPEAN IRLAND FISHING ADVISORY COMM, 5, 1968, Rome. *Anais...* Rome: EIFAC, 1968. p. 101.
- HEPHER, B. A modification hastings method of the determination of the water stability of fish feed pellets. In: EUROPEAN IRLAND FISHING ADVISORY COMM., 5, 1968, Rome. *Anais...* Rome: EIFAC, 1968. p. 98.
- JAUNCEY, K.; ROSS, B. *A guide to tilapia; feed and feeding*. Stirling: Institut of Aquiculture University of Stirling Press, 1982.
- JAYARAM, M.W.; SHETTY, H.P.C. Formulation, processing and water stability of two new pelleted fish feeds. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 23, p. 355-359, 1981.
- KOENTOPP, P.I.; RODRIGUES, J.B.R. Determinação de aglutinantes para engorda de camarão (*Macrobrachium rosenbergii*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 5, 1988, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: UFSC-ABRAq, 1988. p. 232., Resumos.
- LOVELL, R.T. *Significant aspects of feed preparation for feeding catfish*. Auburn: Departament of Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University Press, 1978.
- MEYERS, O.S.P.; ZEIN-ELDIM, Z.P. Binders and pellet stability in development of crustacean diets. In: ANNUAL WORKSHOP WORD MARICULTURE SOCIETY, 3, 1972, Avalt. Proceedings... Avalt: Lousiana State University, 1972. p. 351-364.
- MILANESI, C. et al. Lixiviação da matéria seca em dietas para organismos aquáticos. Tempo de flutuação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 7, 1992, Peruíbe. *Anais...* Peruíbe: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1992. p. 30-37.
- MONTEGOMERY, D.C. *Design and analysis of experiments*. John Wiley & Sons: New York, 1991.
- NOSE, T. Tecnologia da alimentação de peixes. In: CASTAGNOLLI, N. (Ed.). *Fundamentos de Nutrição de Peixes*. Piracicaba: Livroceres, 1979. p. 87-99.
- NRC. *Nutrient requirements of warmwater fish*. Washington: National Research Council, 1983.
- PATEL, M.B.; MC GINNES, J. The effect of autoclaving and enzyme supplementation of guar meal on the performance of chicks and laying hens. *Poult. Sci.*, Champaign, v.64, p. 1148-56. 1985.
- PEZZATO, L.E. Tecnologia de processamento de dietas para organismos aquáticos. In: MINI SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 3, 1989, Botucatu. *Anais...* Botucatu: CBNA, 1989. p. 9-21.
- PILLAY, L. *Fish feeds feeding developing countries*. Rome: FAO/ADCP, 1983.
- PIPER, R.G. et al. *Fish hatchery management*. Washington: Loer, 1982.
- RAVEN, P.; WALKER, G. Material flow in feed manufacturing. In: PILLAY, T.V.R. (Ed.). *Fish feed Technology*. Roma: FAO, 1980. p. 289-299.
- RUNSEY, G.L. Stability of microingredients in fish feed. In: PILLAY, T.V.R. (Ed.). *Fish feed technology*. Rome: FAO/ADCP, 1980. 349p.
- RUNSEY, G.L. Stability of microingredients in fish feed. In: PILLAY, T.V.R. (Ed.). *Fish feed technology*. Rome: FAO/ADCP, 1980. cap. 14, p. 225-233.
- SCOTT, M.L. et al. *Alimentation de las aves*. Barcelona: GEA, 1963.
- SEIXAS FILHO, J.T. et al. Efeito das substâncias ligantes na hidrossolubilidade de rações balanceadas para pós-larvas de *Macrobrachium rosenbergii*. *Rev. Bras. Zootec.* Viosa, v. 26, n. 4, p. 629-637, 1997.
- SPYRIDAKIS, P. et al. Studies on nutrients digestibility in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). 2. Effect of sodium alginate on protein and lipid digestibility. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 77, p. 71-73, 1989.
- STICKNEY, R.S. *Principles of warmwater aquaculture*. New York: John Wiley & Sons, 1979.

Received on April 03, 2002.

Accepted on July 16, 2002.