

ENSAIO DE UMA SECADORA PARA MACROALGA

ALBERTO K. NAGAOKA¹, GILBERTO J. P. O. ANDRADE², ANDRÉ L. T. NOVAES³, GUNTHER H. GRUDTNER⁴, TIAGO J. G. CARVALHO⁵

¹Engº Agrícola, Prof. Adjunto, Depto. de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, UFSC, Florianópolis – SC, Fone: (48)37215440, alberto.nagaoka@ufsc.br

² Engenheiro de Produção e Sistemas, Prof. Doutor, Depto. de Aquicultura, CCA/UFSC, Florianópolis - SC

³Engo. Agrônomo, Doutorando em Engenharia de Aquicultura, Depto. de Aquicultura, CCA/UFSC, Florianópolis - SC

⁴Acadêmico do curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Catarina, campus Florianópolis-SC.

⁵Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Federal de Santa Catarina, campus Florianópolis-SC.

Apresentado no
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

RESUMO: A *Kappaphycus alvarezii* (Doty) vem sendo produzida e testada das mais variadas formas, por ser uma excelente produtora de carragenana. Para o processamento industrial desta macroalga é necessário umidade em torno de 30-35%, para que não ocorra deterioração. Este trabalho teve como objetivo ensaiar uma secadora de macroalga do gênero *Kappaphycus*, para atingir o padrão comercial de 30% de umidade no menor tempo e consumo de energia possível. Foi realizada simulação e ensaio com uma secadora de roupas adaptada para haver a variação da renovação do ar de secagem e suporte das amostras. A cada 30 minutos foram pesadas as amostras e o consumo de energia elétrica lido. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Instrumentação Agrícola, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Os dados do experimento foram analisados considerando-se o experimento fatorial com três repetições. Para os testes de separação de médias, foi utilizado teste Tukey com $p < 0,05$. Os resultados indicaram haver influência da renovação do ar de secagem, bem como a posição das amostras dentro da secadora. Houve menor consumo elétrico para secagem total da alga a 60°C em relação à secagem a 30°C.

PALAVRAS-CHAVE: fluxo de ar, *Kappaphycus alvarezii*, secagem

TEST OF A DRYER FOR SEAWEED

ABSTRACT: *Kappaphycus alvarezii* (Doty) has been produced and tested in many different ways, to be an excellent producer of carrageenan. Industrial processing of this seaweed need moisture content around 30-35%, so that there is no deterioration. This study aimed to test a seaweed dryer for *Kappaphycus* sp., to achieve the commercial standard of 30% moisture in the shortest time possible and lowest power consumption. Simulation and testing were carried out with a clothes dryer adapted to change in the renewal of air drying and the samples support. Every 30 minutes samples were weighed and electricity consumption measured. The tests were conducted at the Agricultural Instrumentation Laboratory, belonging to the Agricultural Sciences Center of the Santa Catarina's Federal University. Experimental data were analyzed considering a factorial experiment with three replications. For averages separation tests, the Tukey test was used with $p < 0.05$. The results indicate an influence of the drying air renewal as well as the position of the samples within the dryer. There was a lower overall power consumption for full drying of seaweed at 60°C compared with drying at 30°C.

KEYWORDS: Air flow, *Kappaphycus alvarezii*, drying.

INTRODUÇÃO: A macroalga *Kappaphycus alvarezii* (Doty) vem sendo produzida e testada das mais variadas formas, por ser principal produtora de carragenana, um fitocolóide proveniente de algas, que é utilizado em inúmeras indústrias como a alimentícia, cosmética e farmacológica, extraído das algas vermelhas como a *Kappaphycus*, *Euclideantha*, *Chondrus*, *Iridaea*, *Hypnea*, *Gigartina*, etc (BINDU, 2011). As espécies de *Kappaphycus* se destacam pela sua adaptabilidade a novos ambientes e a

qualidade da carragenana extraída (BINDU, 2011). A produção mundial anual de *Kappaphycus* é de 183 mil toneladas de produto seco, proveniente apenas de cultivos (BIXLER & PORSE, 2011). Como esta alga possui um bom valor agregado, segundo Poeloengasih et al. (2014) o quilograma da alga seca rende entre US\$ 0,31 e US\$1,5 dependendo do ano referência, neste caso respectivamente 2013 e 2008. Esta espécie foi inserida no Brasil em 1998 na baía de Ubatuba-SP (HAYASHI et al., 2011). Em pesquisas científicas realizadas em Florianópolis foram encontrados problemas na aplicação das técnicas de produção originárias das Filipinas para o Brasil, tanto em técnicas de cultivo, processos de pós-colheita, e particularmente no processo de secagem (FARIA et al, 2013), que sofre influência das condições climáticas de zonas subtropicais, onde chove muito. O processo de secagem das algas consiste na redução da umidade para aproximadamente 30-35% entre 3 a 5 dias, a sol pleno por 8-9 horas por dia. No entanto, este tipo de secagem é extremamente dependente do clima e gera problemas de contaminação do material (SARBATLY et al. 2010). O principal problema no descontrole da secagem é a perda de qualidade da alga, como a cor e alguns componentes internos (SARBATLY et al. 2010). Revendo as publicações relativas ao tema, apenas foram encontradas dois estudos sobre a cinética de secagem de algas: SABARTLY et al, (2010) e FARIA et al (2013). Ambos os trabalhos fazem referência à redução de tempo de secagem com o aumento de temperatura. Este trabalho teve como objetivo delimitar parâmetros de secagem de algas do gênero *Kappaphycus*, para atingir o padrão comercial de 30% de umidade no menor tempo e consumo de energia possível.

MATERIAL E MÉTODOS: O presente trabalho foi implantado e conduzido no Laboratório de Instrumentação, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), município de Florianópolis, SC. A secadora adaptada foi constituída a partir da estrutura de uma secadora de roupas marca Enxuta, modelo Master, capacidade de secagem de 4 kg de roupas centrifugadas, potência nominal 1290W/1400W, tensão de 110V/220V (bivolt), corrente nominal de 11/6,5 A e dimensões da câmara de secagem (49 cm x 53 cm x 60 cm). Inicialmente foram realizados simulações de secagem utilizando-se pacotes de tecido 100% algodão, tipo morin, medindo 100 mm x 100 mm x 1,74 mm, composto de oito camadas de tecido sobrepostas para testar os sensores. No ensaio com macroalgas foi utilizada a *Kappaphycus. alvarezii*, proveniente do cultivo da Seção de Macroalgas do Laboratório de Camarões Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina. O experimento foi conduzido de forma fatorial (5 x 3 x 9), considerando que o primeiro fator a variação na taxa de renovação do ar de secagem na secadora, sendo que o padrão de fábrica da secadora é a taxa de renovação de 55%, o segundo a distância entre as algas e a entrada do ar de secagem da secadora e o terceiro fator a posição dos pacotes de tecidos em cada prateleira (Figura 1). O ensaio foi realizado com as algas utilizando o melhor resultado obtido nas simulações com pacotes de tecido, da mesma forma que o ensaio foi conduzido em delineamento fatorial. Foi utilizado a ANOVA de duas vias para verificar se houve interações entre os tratamentos usando Unweighted Means - Wilks lambda. Para os testes de separação de média, foi utilizado teste Tukey HSD para grupos homogêneos com probabilidade menor que 5%. O software utilizado foi o Statistica v.10. Para os teste de separação de médias usou-se o teste de Tukey HSD com $p < 0,05$. O software utilizado foi o Assistat versão 7.7.

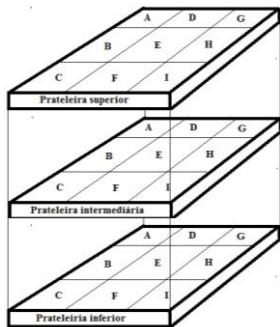
Taxa de Renovação de ar	Prateleira	Posição na Prateleira
55%	Superior 190mm	
66%	Centro 350mm	
77%	Inferior 510mm	
88%		
100%		

Figura 1: Fatores avaliados na simulação com pacote de tecido.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Tabela 1 mostra os resultados das simulações realizadas em que houve interação entre a mistura do ar e a prateleira, sendo que os tratamentos com a menor recirculação do ar (mistura 1 - 8 e 0,00 - 9) obtiveram o melhor desempenho na secagem. Houve diferença estatística para todos os tempos de secagem. As amostras da prateleira superior, apresentaram melhores resultados, sendo que em apenas 60 minutos a umidade aceitável foi alcançada para os padrões comerciais.

Tabela 1: Umidade em porcentagem da interação Mistura de ar versus Prateleira, em função do tempo, para o teste com corpo de prova.

MISTURA- Q(L/s) - (recirculação - externa)	PRATELEIRA	Tempo(min)			
		30*	60*	90*	120*
4 - 5	Centro	65,13331 e	47,37985 g	27,84372 cd	13,13546 de
3 - 6	Centro	63,00976 de	43,54692 defg	21,94748 bcd	5,88829 bc
2 - 7	Centro	63,16419 de	45,40368 efg	22,78041 bcd	5,91253 bc
1 - 8	Centro	60,56368 de	40,18761 cdef	20,78260 bc	7,42395 cd
0,00 - 9	Centro	61,42844 de	38,85079 cde	19,63702 b	0,55049 ab
4 - 5	Inferior	64,79163 e	45,73220 fg	28,95366 def	13,21496 e
3 - 6	Inferior	60,91397 de	40,64962 cdefg	23,63276 bcd	4,48340 abc
2 - 7	Inferior	62,12923 de	42,44309 cdefg	22,93217 bcd	4,58607 abc
1 - 8	Inferior	58,92837 d	37,84269 cd	21,64783 bcd	7,76260 cde
0,00 - 9	Inferior	59,50448 d	35,94654 c	19,08593 b	0,68085 ab
4 - 5	superior	50,94241 c	28,26031 b	9,66787 a	0,19521 ab
3 - 6	superior	47,17962 bc	21,32054 a	4,17585 a	0,00000 a
2 - 7	superior	44,89094 ab	20,03797 a	3,37638 a	0,00000 a
1 - 8	superior	42,30488 a	20,10999 a	5,20934 a	0,00000 a
0,00 - 9	superior	42,26665 a	19,37482 a	2,60434 a	0,00000 a
Tukey HSD test; variable % umidade em cada tempo Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhaustive Search)					
Erro Padrão		0,995294	1,414315	1,691142	1,207426
MS		26,746	54,008	77,219	39,363
df		270	270	270	270
MISTURA*PRATELEIRA; Unweighted Means Wilks lambda=,77328, F(32, 986,24)=2,2254, p=,00013 Effective hypothesis decomposition					

*Colunas acompanhadas de letras referem-se a diferença estatística em cada tempo.

A Tabela 2 apresenta o consumo de energia elétrica (kWh) em função da renovação do ar de secagem e temperatura de secagem. Verifica-se que a taxa de renovação e a temperatura do ar de secagem interferiu significativamente no consumo de energia elétrica da secadora. Observa-se que a maior taxa de renovação de ar e temperatura de 60 °C apresentou maior consumo de energia elétrica. Verificou-se também que para taxa 100% de renovação de ar e temperatura de 30°C, proporcionou menor consumo de energia. A Tabela 4 que a secagem em função do tempo, todas as amostras de algas que estavam situadas na linha transversal ADG secaram mais rápido.

Tabela 2: Consumo em KWh em função da renovação do ar de secagem.

Renovação de ar	Temperatura	ENERGIA(KWh)
55%	60°C	0,78
66%	60°C	0,79
77%	60°C	0,82
88%	60°C	0,83
100%	60°C	1,08
100%	30°C	0,21

Tabela 3. Peso das amostras de algas (g) em função da posição horizontal transversal da prateleira superior e do tempo de secagem (min).

Posição	T = 0 min	T = 30 min	T = 60 min	T = 90 min	T = 120 min
ADG	10,02 a	2,63 b	1,37 b	1,11 b	1,01 b
BEH	10,07 a	4,97 a	2,44 a	1,53 ab	1,16 a
CFI	10,02 a	4,71 a	2,62 a	1,83 a	1,82 a
CV(%)	0,52	34,43	40,35	34,00	10,81

CONCLUSÕES: A taxa de renovação do ar de secagem influenciou diretamente no tempo de secagem, sendo a renovação de 100% do ar o melhor desempenho. Tanto a altura da prateleira como a posição dentro da prateleira influenciaram a secagem de tecido e das algas. A secadora modificada teve a capacidade de secar algas em até 30 minutos utilizando 60°C e a variação máxima de consumo de energia entre os diferentes tratamentos foi de 0,87KWh ou 26%.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Seção de Macroalgas do Laboratório de Camarões Marinhos (Depto. De Aquicultura/UFSC) que possibilitaram a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BINDU, M. S. **Empowerment of coastal communities in cultivation and processing of *Kappaphycus alvarezii* - a case study at Vizhinjam village, Kerala, India.** Springer Science Business Media Dordrecht. JAppl Phycol 23:157–163. 2011.ok
- BIXLER, H. J., PORSE, H. **A decade of change in the seaweed hydrocoloids industry.** Springer Science Business Media Dordrecht. JAppl Phycol 23:321–335. 2011.
- FARIA, G. S. M., HAYASHI, L., MONTEIRO, A. R. **Effect of drying temperature on carrageenan yield and quality of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) cultivated in Brazil.** Springer Science Business Media Dordrecht. JAppl Phycol 8:431–437. 2013.
- HAYASHI, L., SANTOS, A. A., FARIA, G. S. M., NUNES, B. G., SOUZA, S. M., FONSECA, A. L. D., BARRETO, P. L. M., OLIVEIRA, E. C., BOUZON, Z. L. ***Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Areschougiaceae) cultivated in subtropical waters in Southern Brazil.** Springer Science Business Media Dordrecht. JAppl Phycol 23:337–343. 2011.
- POELOENGASIH, C. D., BARDANT, T. B., ROSYIDA, V. T., MARYANA, R., WAHONO, S. K. **Coastal community empowerment in processing *Kappaphycus alvarezii*: a case study in Ceningan island, Bali, Indonesia.** Springer Science Business Media Dordrecht. JAppl Phycol 26:1539–1546. 2014.
- SARBATLY, R., WONG, T., BONO, A., KRISHNAIAH, D., **Kinetic and thermodynamic characteristics of seaweed dried in the convective air drier.** International Journal of Food Engineering. V. 6. 2010.