

## Penampilan dan Kualitas Telur Puyuh yang Diberi Pakan Mengandung Produk Fermentasi dengan *Neurospora crassa*

### *Performances and Quail Egg Quality Feeding Product Fermented with Neurospora crassa*

Nuraini, Sabrina dan S. A Latif

Fakultas Peternakan Universitas Andalas  
Kampus Unand Limau Manis Padang, 25163  
e-mail: nani\_nuraini0505@yahoo.com  
(Diterima: 21 April 2011; Disetujui: 3 Juli 2011)

#### ABSTRACT

An experiment was conducted to determine the effect of feeding products fermented by *Neurospora crassa* on quail performances and egg quality. 200 quail layers were randomly allocated into 20 pens. This experiment was arranged in a completely randomized design (CRD) with four dietary treatments: 0%, 3%, 6%, 9% and 12% product fermented by *Neurospora crassa* in the diets and four replications. Variable measured were feed consumption, egg production, feed conversion, egg cholesterol and egg yolk colour. Data were analyzed by CRD and Duncan Multiple Range Test (DMRT). Results of the experiment indicated that feed consumption, egg production, feed conversion were not affected ( $P>0.05$ ) but egg cholesterol and egg yolk colour were affected ( $P<0.01$ ) by using product fermented in the diets for quails. Results of Duncan Multiple Range Test indicated that egg cholesterol in E treatment (used 12% products fermented) was the lowest than other treatment, but the highest on egg yolk colour. The conclusion of the experiment that up to 12% products fermented by *Neurospora crassa* can be used in the diet of quail and can increase the quality of quail egg (egg low cholesterol).

*Keywords: product fermented, Neurospora crassa, layer performances, egg quality*

#### PENDAHULUAN

Pakan fermentasi kaya  $\beta$  karoten dapat dibuat dengan menggunakan substrat asal limbah agroindustri seperti ampas sagu dan ampas tahu, yang difermentasi dengan menggunakan *Neurospora crassa*. Kapang *Neurospora crassa* yang berwarna kuning orange merupakan kapang penghasil  $\beta$ -karoten tertinggi dibandingkan dengan kapang karotenogenik lainnya yang telah diisolasi dari tongkol jagung (Nuraini dan Marlida, 2005).

Kandungan zat – zat makanan campuran 60% ampas sagu dan 40% ampas tahu sebelum fermentasi adalah protein kasar 12,67%, lemak kasar 2,59%, serat kasar 18,36%, dan  $\beta$ -karoten 30,60 mg/kg, dan setelah difermentasi dengan 9% inokulum *Neurospora crassa* dan diinkubasi selama 7 hari, diperoleh kandungan dan kualitas nutrisi produk fermentasi adalah  $\beta$ -karoten

270,60 mg/kg, protein kasar 21,78%, lemak 2,50%, serat kasar 16,23%, kalsium 0,44%, fosfor 0,02%, energi metabolis 2980 kkal/kg, retensi nitrogen 62,91% dan pencernaan serat kasar 30,23%. Ditinjau dari segi kandungan protein terjadi peningkatan terhadap protein kasar dan  $\beta$  karoten serta penurunan terhadap serat kasar produk fermentasi dengan *Neurospora crassa*.

Penggunaan produk pakan fermentasi yang kaya  $\beta$  karoten dalam ransum unggas selain dapat menggantikan penggunaan jagung juga dapat menghasilkan telur yang rendah kolesterol. Hasil penelitian Nuraini (2006) menunjukkan bahwa pemberian produk fermentasi kaya  $\beta$  karoten yang diperoleh dari campuran ampas sagu dan ampas tahu yang difermentasi dengan *Neurospora crassa* (ASATF) dapat mengurangi penggunaan jagung 50% dan dapat menurunkan kolesterol telur ayam sebanyak 35%.

Penggunaan produk fermentasi kaya  $\beta$  karoten terhadap ternak puyuh belum diketahui, oleh karena itu perlu dipelajari penggunaan produk fermentasi kaya  $\beta$  karoten dalam ransum puyuh dengan tujuan untuk mengetahui berapa batasan penggunaan produk fermentasi dengan *Neurospora crassa* dalam ransum puyuh dan bagaimana pengaruhnya terhadap penampilan dan kualitas telur (kolesterol dan warna kuning telur) puyuh.

### METODE

Penelitian dilakukan selama 2 bulan menggunakan puyuh petelur sebanyak 200 ekor strain *Coturnix Coturnix Japonica* yang berumur 4 minggu. Setiap unit perlakuan masing – masing berisi 10 ekor puyuh. Ransum disusun sendiri dari bahan–bahan seperti jagung, bungkil kedelai, tepung ikan, produk ampas sagu dan ampas tahu fermentasi dengan *Neurospora crassa* (ASATF) dan tepung  $\text{CaCO}_3$ . Pembuatan produk ASATF dengan cara ampas sagu sebanyak 60% dicampur dengan 40% ampas tahu kemudian ditambahkan aquades (kadar air 70%), diaduk secara merata, baru dikukus selama 30 menit setelah air mendidih untuk sterilisasi bahan, setelah itu dibiarkan sampai tercapai suhu kamar. Substrat kemudian diinokulasi dengan 9% inokulum kapang *Neurospora crassa*, diaduk secara merata dan diinkubasi selama 7 hari. Setelah itu produk fermentasi dipanen, dikeringkan dengan menggunakan sinar matahari dan digiling (Nuraini, 2006). Ampas sagu diperoleh dari tempat pembuatan tepung sagu dan ampas tahu berasal dari pabrik tahu di Padang, dikumpulkan dalam keadaan segar, kemudian dikeringkan. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 4 kali ulangan. Perlakuan adalah ransum yang menggunakan produk campuran ampas sagu dan ampas tahu fermentasi (ASATF) yaitu ransum A (0% ASATF), B (3% ASATF), C (6% ASATF), D (9% ASATF) dan E(12%

ASATF). Data dianalisis dengan menggunakan analisis keragaman pola RAL dan perbedaaan antar perlakuan diuji dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) menurut Steel and Torrie (1980). Ransum disusun isoprotein (22%) dan isokalori (2900 kkal/kg) berdasarkan SNI (2006). Pemberian ransum dilakukan 3 kali sehari yaitu pagi (jam 8.00 WIB), siang (jam 12.00 WIB), sore (jam 16.00 WIB) sedangkan air minum diberikan *ad libitum*. Komposisi dan kandungan nutrisi ransum perlakuan tercantum di Tabel 1.

Peubah yang diamati adalah: 1) konsumsi ransum (g/ekor/hari) diukur dengan cara mengurangi jumlah ransum yang diberikan dengan sisa ransum. Konsumsi ransum diukur satu kali seminggu, 2) produksi telur harian/ *quail day production* (%), dihitung berdasarkan jumlah telur yang diproduksi pada waktu tertentu dibagi dengan jumlah puyuh yang ada pada waktu tersebut, 3) bobot telur rata-rata (g/butir), diperoleh dengan membagi bobot telur total kemudian dibagi dengan jumlah telur selama penelitian, 4) produksi massa telur (g/ekor/hari), diperoleh dengan cara *quail day* selama satu bulan dikalikan bobot rata – rata sebutir telur yang dihasilkan dalam bulan tersebut, 5) konversi ransum dihitung dengan cara membagi konsumsi ransum (g/ekor/hari) dengan produksi massa telur (g/ekor/hari), 6) Kualitas telur meliputi: a) kolesterol telur (mg/100g) dengan menggunakan spektrofotometer UV, b) warna kuning telur: diukur dengan menggunakan *Roche Egg Yolk Colour Fan*.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Rataan performans puyuh petelur disajikan pada Tabel 2. Pemberian produk fermentasi kaya  $\beta$  karoten dalam ransum puyuh tidak nyata ( $P>0.05$ ) mempengaruhi konsumsi ransum, produksi telur (*quail day production*), berat telur, massa telur dan konversi ransum, tetapi sangat nyata (0.01) mempengaruhi kolesterol telur dan warna kuning telur puyuh.

Tabel 1. Komposisi dan kandungan zat –zat makanan ransum perlakuan<sup>(a)</sup>

Bahan pakan	Ransum Perlakuan (%)				
	RA	RB	RC	RD	RE
Jagung Giling	48,00	46,00	44,00	42,00	40,00
Dedak padi Halus	8,00	8,00	8,00	7,00	7,00
Bungkil Kedelai	16,00	15,00	14,00	14,00	13,00
ASATF	0,00	3,00	6,00	9,00	12,00
Tepung Ikan	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Minyak Kelapa	3,00	3,00	3,00	3,00	3,50
Tepung batu	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Kandungan zat- zat makanan (%) <sup>b)</sup>					
Protein Kasar	22,17	22,09	22,02	22,05	22,13
Lemak	5,57	5,56	5,54	5,52	5,52
Serat Kasar	3,58	3,92	4,26	4,52	4,86
Kalsium	2,40	2,40	2,40	2,39	2,38
Fosfor tersedia	0,52	0,51	0,51	0,50	0,50
Energi Metabolis (kkal/kg)	2903,00	2903,00	2904,00	2907,00	2908,00
Metionin (%)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Lisin (%)	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
β-karoten (mg/kg)	24,79	32,05	39,31	46,58	53,48

Sumber: (a) Hasil analisis laboratorium Teknologi & Industri Pakan, Fakultas Peternakan, Universitas Andalas Padang, 2009

(b) Berdasarkan perhitungan

ASATF = Ampas Sagu Ampas Tahu Fermentasi

Tabel 2. Pengaruh Perlakuan terhadap Performa Ayam dan Kualitas Telur.

Performa	Ransum Perlakuan (% ASATF dalam ransum)					SE
	RA (0%)	RB (3%)	RC (6%)	RD (9%)	RE (12%)	
Konsumsi Ransum (g/ekor/hari)	19,89	19,92	19,94	20,24	20,33	0,24
Quail day (%)	72,99	73,79	73,06	74,22	74,25	2,06
Berat telur (g/butir)	9,94	10,07	10,07	10,20	10,29	0,30
Massa Telur (g/ekor/hari)	6,85	6,97	6,90	7,08	7,20	0,41
Konversi Ransum	2,90	2,86	2,88	2,85	2,82	0,09
Warna Kuning Telur	9,00 <sup>C</sup>	9,50 <sup>C</sup>	10,25 <sup>B</sup>	10,75 <sup>B</sup>	11,50 <sup>A</sup>	1,03
Kolesterol telur (mg/100g)	264,75 <sup>A</sup>	244,25 <sup>A</sup>	213,00 <sup>B</sup>	182,00 <sup>C</sup>	158,50 <sup>C</sup>	3,73

Keterangan: Superskrip huruf kapital yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata (p<0.01)

### Konsumsi Ransum

Tidak berbeda nyata konsumsi ransum antara perlakuan yang menggunakan 12% produk fermentasi yaitu 20,93 g/ekor/hari dengan perlakuan lainnya, berkaitan dengan palatabilitas ransum yang sama pada setiap perlakuan. Ini berarti produk ampas sagu dan ampas tahu fermentasi disukai puyuh petelur (palatabel) sampai level 12% dalam ransum, walaupun semakin berkurang penggunaan jagung dan konsentrat dalam ransum tersebut. Kemampuan produk ASATF sebagai pakan alternatif yang dapat mengimbangi pengurangan penggunaan jagung dan konsentrat dalam ransum, disebabkan produk fermentasi mempunyai flavour yang lebih disukai dan memiliki beberapa vitamin (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> dan B<sub>12</sub>) sehingga lebih palatabel (disukai) bila dibandingkan bahan asalnya. Selain itu pada fermentasi terjadi proses – proses pemecahan oleh enzim – enzim tertentu terhadap zat – zat makanan yang sulit dicerna, sehingga daya cerna bahan yang telah difermentasi meningkat dibandingkan bahan asal (Murugesan *et al.*, 2005).

### Produksi Telur

Pemberian ASATF sampai level 12% dalam ransum memperlihatkan produksi *quail-day* production (74,25%) yang tidak berbeda dengan ransum kontrol, ini disebabkan konsumsi ransum yang sama mengakibatkan konsumsi protein yang diperlukan untuk produksi telur juga tidak berbeda. Konsumsi protein pada perlakuan 12% ASATF adalah 4,49 g/ekor/hari, sedangkan pada perlakuan 0% ASATF diperoleh konsumsi protein sebesar 4,40 g/ekor/hari. Produksi *quail day* yang sama pada perlakuan 12% ASATF berkaitan dengan kandungan asam amino esensial lisin, metionin dan triptophan dalam ransum yang hampir sama (Tabel 1). Ini menunjukkan bahwa kandungan asam amino yang terdapat pada jagung dan bungkil

kedelai pada perlakuan kontrol dapat diimbangi oleh asam amino yang dihasilkan oleh *Neurospora crassa* selama fermentasi pada substrat ampas sagu dan ampas tahu (Tabel 3) walaupun telah terjadi pengurangan penggunaan jagung dan bungkil kedelai dalam ransum. Kapang *Neurospora crassa* dapat menghasilkan asam amino metionin dan arginin (Marathe *et al.*, 1998) dan tirosin (Lerch, 1978).

### Berat Telur

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa pemberian ASATF juga tidak nyata mempengaruhi berat telur ayam. Pada pemberian ASATF sampai 12% dalam ransum puyuh memperlihatkan berat telur yang tidak berbeda dibandingkan perlakuan lainnya, seiring dengan samanya konsumsi ransum dan konsumsi protein pada perlakuan tersebut. Menurut Keshavarz (2003) bahwa konsumsi ransum terutama konsumsi protein akan mempengaruhi berat telur yang dihasilkan. Berat telur yang tidak berbeda pada perlakuan dengan pemberian 12 % ASATF dengan perlakuan lainnya juga dipengaruhi oleh kandungan metionin dalam ransum dan konsumsi ransum yang sama pada perlakuan 12% ASATF sehingga konsumsi metionin juga sama. Metionin merupakan asam amino esensial kritis yang sangat berpengaruh terhadap bobot telur (Safaa, 2008 dan Kashavarz, 2003). Bobot telur yang diperoleh dengan penggunaan 12% ASATF adalah 10,29 g/butir, hasil penelitian ini tidak jauh beda dengan yang diperoleh Soares *et al.*, (2003) yaitu 9-10 g/butir dengan kandungan protein 22% dan konsumsi protein 5,00 g/ekor/hari.

### Massa Telur

Massa telur juga tidak nyata dipengaruhi oleh perlakuan pemberian ASATF dalam ransum. Semakin banyak diberikan ASATF (12% dalam ransum) .

Tabel 3. Kandungan asam amino sebelum dan sesudah fermentasi

Asam Amino	Ampas sagu + Ampas tahu sebelum fermentasi (%)	Ampas sagu + Ampas Tahu (60% : 40%) sesudah fermentasi
Alanin	0,32	0,76
Arginin	0,60	1,05
Asparagin	0,88	1,25
Glycin	0,68	0,65
Glutamin	2,15	2,75
Histidin	0,21	0,30
Isoleusin	0,33	0,52
Leusin	0,83	1,06
Lisin	0,20	1,38
Methionin	0,10	0,12
Phenilalanin	0,49	0,65
Valin	0,65	0,72
Prolin	0,53	0,72
Treonin	0,40	0,50
Serin	0,35	0,64
Cystein	0,10	0,20
Tyrosin	0,33	0,52
Tryptophan	0,03	0,13

Sumber : Hasil analisis Laboratorium Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, IPB Bogor, 2007

memperlihatkan massa telur yang tidak berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya. Ini disebabkan produksi telur dan berat telur juga sama pada perlakuan 12% ASATF karena massa telur merupakan hasil kali produksi telur dan berat telur. Massa telur yang diperoleh berkisar dari 6,85 – 7,20 g/ekor/hari, hasil ini termasuk dalam range yang didapatkan Sathishkumar dan Prabakaran (2008) bahwa produksi massa telur puyuh umur 5-9 minggu sebanyak 7 - 10 g/ekor/hari.

#### Konversi Ransum

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa puyuh yang mendapat ransum mengandung ASATF sampai level 12% sama efisiennya dalam memanfaatkan ransum sehingga mampu memproduksi telur dengan konversi ransum yang sama dengan ransum kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa puyuh sama efisiennya dalam memanfaatkan ransum yang semakin banyak menggunakan ASATF walaupun mengakibatkan semakin banyak

pula terjadi pengurangan jagung dan bungkil kedelai dalam ransum.

#### Kolesterol Telur

Ditinjau dari segi kualitas telur maka terjadinya penurunan kandungan kolesterol kuning telur puyuh seiring dengan peningkatan level penggunaan produk ASATF dalam ransum. Pada perlakuan pemberian 12% ASATF dalam ransum mampu menurunkan kandungan kolesterol telur puyuh sebanyak 39,09% dari 264,75 mg/100g menjadi 158,50 mg/100g. Hal ini disebabkan semakin banyak digunakan produk ASATF dalam ransum maka kandungan  $\beta$  karoten ransum semakin meningkat yaitu pada perlakuan 12% ASATF terdapat kandungan  $\beta$  karoten ransum sebanyak 53,48 mg/kg. Peningkatan kandungan  $\beta$  karoten dalam ransum ini mengakibatkan jumlah  $\beta$  karoten yang dikonsumsi juga meningkat. Semakin banyak jumlah  $\beta$  karoten yang dikonsumsi maka semakin menurun kandungan kolesterol pada telur. Ini disebabkan  $\beta$

karoten dapat menghambat kerja enzim HMG-KoA reduktase (Hydroksimetil glutaryl-KoA) yang berperan dalam pembentukan mevalonat pada proses biosintesis kolesterol (Stocker, 1993).

### Warna Kuning Telur

Dari Tabel 2 terlihat bahwa semakin tinggi pemakaian produk ASATF maka semakin tinggi skori warna kuning telur. Tingginya skor warna kuning telur (kuning orange) pada perlakuan pemberian 12% ASATF dalam ransum dibandingkan perlakuan kontrol disebabkan kandungan  $\beta$  karoten yang tinggi pada perlakuan tersebut. Semakin tinggi penggunaan produk ASATF dapat mengurangi penggunaan jagung dan bungkil kedelai dalam ransum, maka kandungan  $\beta$  karoten semakin meningkat karena produk ASATF mengandung  $\beta$  karoten yang tinggi yaitu 270,60 mg/kg, lebih tinggi dari pada  $\beta$  karoten jagung (33,00 mg/kg) dan bungkil kedelai (25,06 mg/kg) sehingga intensitas warna kuning telur yang dihasilkan lebih tinggi (warna kuning orange) pada perlakuan pemberian 12% ASATF dalam ransum. Menurut Hausman dan Sandman (2000) bahwa  $\beta$  karoten merupakan senyawa golongan karotenoid yang tidak stabil karena mudah teroksidasi menjadi xanthophyll. Xanthophyll berfungsi untuk pewarnaan kuning telur. Xanthophyll tidak bisa disintesis oleh tubuh ayam, oleh karena itu xanthophyll diperoleh dari ransum yang terdiri dari bahan pakan yang mengandung xanthophyll. Pakan ternak yang merupakan sumber xanthophyll adalah jagung dan hijauan. Unggas mengkonsumsi ransum yang mengandung karotenoid lebih tinggi akan menghasilkan telur dengan intensitas warna kuning telur yang lebih tinggi pula (Udedibie dan Opara, 1998). Rataan warna kuning telur yang diperoleh dengan penggunaan 12% produk ASATF dalam ransum adalah 11,25 (terjadi peningkatan skor warna kuning telur sebesar 27,77%). Nilai ini berada dalam kisaran warna kuning telur yang disukai konsumen menurut Udedibie and Opara (1998) yaitu 9

– 12 dan lebih tinggi dari hasil penelitian Nuraini *et al.* (2005) yang mendapatkan warna kuning telur 9,88 dengan penggunaan ampas sagu dan eceng gondok fermentasi dengan *Trichoderma harzianum* dan Nuraini dkk. (2008) menggunakan produk onggok dan ampas tahu fermentasi dengan *Neurospora crassa* dalam ransum ayam ras dengan warna kuning telur 10,60.

### KESIMPULAN

Peningkatan penggunaan produk ampas sagu dan ampas tahu fermentasi dengan *Neurospora crassa* (ASATF) dalam ransum sampai 12% dapat mempertahankan penampilan produksi puyuh petelur dan dapat meningkatkan kualitas telur puyuh. Pada pemberian ASATF sampai 12% dapat menurunkan kolesterol telur puyuh sebanyak 39,09% dan meningkatkan skor warna kuning telur sebesar 27,77%.

### DAFTAR PUSTAKA

- Lerch. 1978. Amino acid sequence of tyrosinase from *Neurospora crassa*. Proc Natl Acad Sci USA. 75(8): 3635–3639.
- Hausmann, A and G. Sandmann. 2000. A single five-step desaturase is involved in the carotenoid biosynthesis pathway to beta-carotene and torulene in *Neurospora crassa*. J.Genet.Biol.30(2):147-53.
- Kashavarz, K. 2003. Effects of reducing dietary protein, methionine, choline, folic acid, and vitamin B12 during the late stages of the egg production cycle on performance and eggshell quality. Poultry Sci. 82:1407–1414.
- Marathe, S., Y.G. Yu, G.E. Turner, C. Palmier and R.L. Weiss. 1998. Multiple forms of arginine and methionine from single locus in *Neurospora crassa*. J. Biol Chem. 273 : 29776-29785

- Murugesan, G.S., M. Sathishkumar, K. Swarninathan. 2005. Supplementation of waste tea fungal biomass as a dietary ingredien for broiler chicken. *Bioresource Technology* 96: 1743-1748.
- Nuraini, Y.Rizal, H. Abbas, Sabrina dan E. Martinelly. 2005. Respon ayam buras terhadap ransum yang mengandung campuran ampas sagu dan eceng gondok yang difermentasi dengan *Trichoderma harzianum*. *Jurnal Ilmiah Ilmu- Ilmu Peternakan Jambi VIII(3)*: 36-40
- Nuraini dan Y. Marlida. 2005. Isolasi dan identifikasi kapang karotenogenik untuk memproduksi pakan sumber  $\beta$  karoten. Laporan Penelitian Semi Que. Fakultas Peternakan Universitas Andalas Padang.
- Nuraini, 2006. Potensi Kapang *Neurospora crassa* dalam memproduksi pakan kaya  $\beta$  karoten dan pengaruhnya terhadap ayam pedaging dan petelur. Disertasi Program Pasca Sarjana Universitas Andalas, Padang.
- Nuraini, Sabrina dan S.A. Latif. 2008. Performa ayam dan kualitas telur dengan penggunaan ransum mengandung onggok fermentasi dengan *Neurospora crassa*. *Jurnal Media Peternakan Vol 31(3)*: 195-202
- Safaa HM, Serrano MP, Valencia DG, Arbe X, Jiménez- Moreno E, Lázaro R, Mateos GG. 2008. Effects of the levels of methionine, linoleic Acid, and added fat in the diet on productive performance and egg quality of brown laying hens in the late phase of production. *Poult Sci.* 87 (8):1595-602.
- Sathishkumar,A. and R. Prabakaran. 2008. Recycling of Japanese quail hatchery waste on egg production performance of quail breeders. *J.Veterinary & Anim Sci.* 4(4):123-128.
- Standar Nasional Indonesia. 2006. Ransum puyuh petelur (quail layer). Dewan standarisasi nasional LIPI, Jakarta.
- Steel, R.G.D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. International Student End Mc Graw Hill. Kogakusha Limited . Tokyo.
- Stocker, R. 1993. Natural antioxidants and atherosclerosis. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition.* 2 : 15-20
- Soares, R., Fonseca JB, Santos AS dan Mercandante. 2003. Protein requirement of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) during rearing and laying periods. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* vol.5 no.2.
- Udedibie, A. B. I. and C. C. Opara. 1998 . Responses of growing broilers and laying hens to the dietary inclusion of leaf meal from *Alchornia cordifolia*. *Anim Feed Science and Tech.* 71: 157-164