

KUALITAS FISIK KEJU MOZZARELLA DENGAN BAHAN PENGASAM

JUS JERUK NIPIS

Physical Quality of Mozzarella Cheese Produced by Lime Juice as an Acidifier

Purwadi

Program Studi Teknologi Hasil Ternak, Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya

diterima 10 Januari 2010; diterima pasca revisi 12 Juli 2010
Layak diterbitkan 28 Agustus 2010

ABSTRACT

The research about production of Mozzarella cheese used lime juice as an acidifier was aimed to study its potency on physical quality of Mozzarella cheese. The method used in this research was experiment and designed with completely randomized design. The treatment was repeated 4 times, there were namely: K1 = 1.9 %, K2 = 2.1 %, K3 = 2.3 %, K4 = 2.5 %, K5 = 2.7 %, and K6 = 2.9 % (v/v), respectively. Variables measured were cheese yield, meltability, stretchability, and elasticity. Analysis of variance showed that the treatment didn't give significantly difference effect ($P > 0.05$) on cheese yield, stretchability, and elasticity. The treatment gave significantly difference effect ($P < 0.05$) on meltability. The average of cheese yield was 10.73 – 11.72 %, the average of meltability was 9.18 – 10.90, stretchability 1.77 – 2.18, and elasticity 38.60 – 60.71. According to the results and discussion, the research could be concluded that the best concentration was 1.9 %.

Keywords: *physical quality, Mozzarella cheese, lime juice, acidifier*

PENDAHULUAN

Produk susu yang mempunyai nilai gizi tinggi dan banyak beredar di pasaran salah satunya adalah keju. Berbagai jenis keju yang banyak diperlukan masyarakat diantaranya ialah keju Mozzarella. Keju ini merupakan salah satu jenis keju pasta filata dan merupakan keju asli Italia. Cara pembuatannya dengan pemasakan dan pemuluran *curd* dalam bak air panas, sehingga mempunyai karakteristik struktur berserabut, dengan daya leleh dan kemuluran yang tinggi.

Walstra *et al.* (1999) menyatakan bahwa keju Mozzarella mempunyai kadar lemak dalam bahan kering 35 – 45 %, air 52 – 56 % dan garam sekitar 1 %. Menurut Fox *et al.* (2000) keju Mozzarella memiliki

komposisi yang terdiri atas bahan kering 46 %, lemak 18,0 %, protein 22,1 %, garam 0,7 %, dan abu 2,3 %, serta pH 5,2. Bahkan Stefanini (1991) telah membuktikan bahwa keju Mozzarella di Italia mempunyai kadar air 55 – 62%, lemak dan protein dalam bahan kering berturut-turut 18 – 21 % dan 18 – 21% serta abu 1 – 3 %. Stefanini (1991) juga menyatakan bahwa *US Federal Standards of Identity* telah menetapkan batas maksimum kadar air keju Mozzarella yang diperbolehkan sebesar 52%. Hal ini berarti terdapat harmonisasi penetapan standar kualitas keju Mozzarella secara internasional.

Standar keju Mozzarella menurut USDA (2005) adalah sebagai berikut: memiliki kandungan air 52,0-60,0%;

lemak $\leq 10,8$ %; garam 1,2%; pH 5,3; citarasa: *A mild pleasing flavor*; bodi dan teksturnya *smooth, pliable*, dan tanpa lubang; pada kenampakan tidak ada tanda-tanda dicetak; warna putih alami hingga krem muda; pengujian pada suhu 232°C keju dapat meleleh dengan sempurna; dan memiliki karakteristik kemuluran ≥ 3 inci. Menurut McMahan (2007) keju Mozzarella memiliki kandungan air 46,0%; lemak 23,0%, lemak dalam bahan kering 43,0%; kadar garam 1,2%; dan pH berkisar 5,1-5,4.

Pembuatan keju melibatkan penggumpalan atau pembentukan *curd* dengan pengasaman susu dan penambahan protease. Pengasaman susu dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan penambahan biakan bakteri *starter* yang biasanya berasal dari kelompok bakteri asam laktat atau dengan pengasaman langsung. Pembuatan keju Mozzarella dengan penambahan asam sitrat atau yang biasa disebut pengasaman langsung (*direct acidification*) dapat mempersingkat waktu pembuatan, karena keasaman yang dikehendaki segera tercapai setelah asam sitrat ditambahkan.

Pengasaman langsung menggunakan ragam asam tersebut di atas utamanya ditujukan untuk mempercepat proses pembentukan *curd*, sedangkan pembentukan citarasa oleh biakan bakteri *starter* dengan penggunaan asam tersebut lazim tidak berlangsung, karena citarasa keju lebih didominasi oleh rasa asam yang ditambahkan. Oleh karena itu agar kedua tujuan tersebut dapat berlangsung dan tercapai, maka perlu dicari bahan pengasam yang dapat mempercepat proses pembentukan *curd*, namun citarasa khas keju juga terbentuk, dan diantara bahan alam sebagai sumber asam yang layak untuk dikaji ialah jus jeruk nipis.

Jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) diduga dapat digunakan sebagai bahan pengasam dalam pembuatan keju, karena menurut Cakrawala IPTEK (2002) buah tersebut mengandung beberapa jenis

asam organik diantaranya asam sitrat dan asam askorbat. Hasil penelitian Falade *et al.* (2003) menunjukkan bahwa jeruk nipis mengandung asam askorbat $29,4 \pm 1,4$ mg/100g, asam sitrat $4,124 \pm 78$ mg/100g dan total asam organik $4,187 \pm 35,1$ mg/100g. Buah tersebut selain mempunyai citarasa asam yang dominan, juga mempunyai citarasa khas jeruk nipis, sehingga bila digunakan dalam pembuatan keju, diharapkan keju yang dihasilkan juga memiliki citarasa khas jeruk nipis tersebut.

Jus jeruk nipis mengandung asam sitrat, asam askorbat, karbohidrat, vitamin C, vitamin A, vitamin B1, protein dan minyak atsiri, meskipun dalam jumlah relatif kecil, juga mengandung *terpene* dan *terpenoid* yang terdiri atas *α -thugene*, *α -pinene*, *sabinene*, *β -pinene*, *β -myrcene*, *d-limonene*, *γ -terpinene*, *terpinolene*, *linalool*, *α -terpineol*, *neral*, *geranial*, *neryl acetate*, *geranil acetate* dan *α -fanesene*. Percobaan pendahuluan melalui analisis di laboratorium menunjukkan bahwa jus jeruk nipis mempunyai pH $\pm 2,2$, total asam organik ± 25 % dan rendemen jus ± 50 %. Selain itu jeruk nipis juga mengandung senyawa-senyawa kimia yang bermanfaat untuk kesehatan, diantaranya ialah limonen, linalin asetat, geranil asetat, fellandren, sitral dan asam sitrat. Setiap 100g buah jeruk nipis mengandung vitamin C sebesar 27 mg, kalsium 40 mg, fosfor 22 mg, karbohidrat 12,4 g, vitamin B1 0,04 mg, zat besi 0,6 mg, lemak 0,1 g, kalori 37 kal, protein 0,8 g dan air 86 g (Cakrawala IPTEK, 2002).

MATERI DAN METODE

Materi

Bahan-bahan penelitian terdiri atas: susu (susu segar diperoleh dari KUD DAU, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang), buah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) yang diperoleh dari Kabupaten Jombang. Jeruk nipis yang digunakan adalah buah jeruk matang optimal, yang berciri kulit berwarna

kuning merata dan keadaan segar. Cara pembuatan jus jeruk nipis ialah dengan cara membuang kulit luar, daging buah diiris-iris kemudian diperas dengan menggunakan perasan jeruk.

Peralatan penelitian yang digunakan ialah: peralatan analisis kadar asam, pH meter, bak pengolah keju (*cheesevat*), termometer, cetakan keju, panci untuk pemuluran keju Mozzarella, toples untuk perendaman keju dalam air es dan dalam larutan garam dapur jenuh, peralatan untuk analisis rendemen, daya leleh, kemuluran dan elastisitas.

Metode

Metode penelitian yang digunakan ialah metode percobaan dengan rancangan acak lengkap dan perlakuan variasi konsentrasi jus jeruk nipis diulang 4 kali dengan rincian perlakuan berturut-turut: K1 = 1,9 %, K2 = 2,1 %, K3 = 2,3 %, K4 = 2,5 %, K5 = 2,7 % dan K6 = 2,9 % (v/v). Prosedur pembuatan keju Mozzarella mengikuti metode Carroll (2002) yang dimodifikasi:

- 1) Susu dipasteurisasi pada suhu 71 °C dan dipertahankan selama \pm 15 detik, kemudian suhunya segera diturunkan.
- 2) Setelah suhu 35°C dicapai, susu ditambah jus jeruk nipis sesuai variasi perlakuan konsentrasi, yaitu berturut-turut 1,9, 2,1, 2,3, 2,5, 2,7 dan 2,9 % (v/v), kemudian ditambah protease sebanyak 0,025 % (v/v).
- 3) Susu didiamkan selama 5 menit agar terbentuk *curd* yang kompak dan dapat dipotong, kemudian dipotong-potong membentuk kubus berukuran \pm 1 cm x 1 cm x 1 cm.
- 4) *Curd* didiamkan selama 5 menit, kemudian *whey* dibuang.
- 5) *Curd* dilakukan penekanan (*working*) dengan tangan pada suhu \pm 40 °C agar tekstur *curd* kompak dan halus (\pm 10 menit).
- 6) *Curd* dilakukan pemuluran (*stretching*), yaitu dimasukkan ke dalam air panas pada suhu 75 °C

selama 5 menit sambil ditarik dan dibalik agar *curd* lebih kompak dan tidak mudah putus apabila ditarik.

- 7) *Curd* direndam dalam air es selama 1 jam, kemudian direndam dalam larutan garam jenuh selama 20 menit, selanjutnya ditiriskan, ditimbang dan dicatat bobotnya.
- 8) *Curd* yang diperoleh disimpan dalam ruang dingin pada suhu \pm 17 °C selama \pm 24 jam, kemudian dilakukan pengujian.

Variabel yang diukur meliputi: rendemen, daya leleh, kemuluran dan elastisitas.

Pengukuran variabel:

1. Rendemen diukur berdasarkan bobot keju Mozzarella setelah dipisahkan dari larutan garam (Shakeel-Ur-Rehman *et al.*, 2003).
2. Daya leleh ditentukan dengan menggunakan gelas ukur berdiameter 18 mm dan dipanaskan dalam oven kering pada suhu 232 °C (Tunick *et al.*, 1993).
3. Kemuluran dan elastisitas diukur dengan *Universal Testing Instrument* Merk Lloyd.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis ragam terhadap rendemen, kemuluran dan elastisitas menunjukkan bahwa variasi konsentrasi jus jeruk nipis tidak memberikan perbedaan pengaruh nyata ($P>0,05$), namun memberikan perbedaan pengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap daya leleh. Hasil uji jarak berganda Duncan 5 % terhadap daya leleh dan elastisitas menunjukkan perbedaan nyata. Rerata rendemen dan komponen utama penentu kualitas keju Mozzarella disajikan pada Tabel 1.

Data dalam Tabel 1. menunjukkan bahwa perlakuan pada percobaan ini tidak ada yang berbeda nyata ($P>0,05$) terhadap rendemen. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi jus jeruk nipis sebagai penentu keasaman susu besar pengaruhnya keju

Tabel 1. Rerata rendemen dan komponen utama penentu kualitas keju Mozzarella

Konsentrasi jus jeruk nipis (%)	Rendemen (%)	Daya leleh	Kemuluran (1/N)	Elastisitas (%)
1,9	11,22	9,18 ^a	2,18	60,71 ^b
2,1	11,63	9,78 ^{ab}	1,92	49,38 ^{ab}
2,3	10,73	10,90 ^b	1,77	49,88 ^{ab}
2,5	11,72	10,38 ^b	1,96	43,13 ^{ab}
2,7	10,82	10,78 ^b	1,97	44,42 ^{ab}
2,9	11,50	10,60 ^b	1,97	38,60 ^a

Keterangan: Superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan pengaruh nyata ($P < 0,05$).

terhadap aktivitas protease dan ternyata pengaruhnya sama terhadap rendemen keju mozzarella. Fox *et al.* (2000) menyatakan bahwa aktivitas protease selama koagulasi dipengaruhi oleh keasaman susu dan mempengaruhi kekuatan *curd*, sehingga rendemen keju yang dihasilkan dipengaruhi pula oleh keasaman susu. Oleh karena keasaman susu dalam penelitian ini hampir sama, maka rendemen keju yang dihasilkan juga hampir sama.

Rerata rendemen keju yang dihasilkan berkisar antara 10,73 – 11,72%. Besarnya rendemen keju hasil penelitian ini jauh di atas rerata rendemen hasil penelitian Metzger *et al.* (2000), yaitu antara 6,91 – 7,45 % dan hasil penelitian Rudan *et al.* (1999) berkisar 6,59 – 9,20%. Kajian terhadap rendemen keju dapat dinyatakan bahwa jus jeruk nipis sebagai bahan pengasam susu sangat cocok digunakan untuk pembuatan keju Mozzarella, baik ditinjau dari segi jenis maupun konsentrasinya, karena jus jeruk nipis terbukti dapat menghasilkan rendemen keju jauh lebih tinggi daripada penelitian yang dilakukan oleh Metzger *et al.* (2000) dan Rudan *et al.* (1999).

Alasan tersebut dapat dijelaskan bahwa penggunaan asam yang kurang atau berlebihan menyebabkan *curd* yang dihasilkan lembek dan rapuh, sehingga pada saat *curd* dipotong banyak lemak dan

kasein hilang bersama *whey*. Fox *et al.* (2000) menyatakan bahwa bila koagulum protein yang terlalu lembek dipotong, maka lemak dan kasein banyak yang hilang bersama *whey*, sedangkan Emmons (1990) membuktikan bahwa makin banyak Nitrogen terlarut dalam *whey* berarti makin banyak kasein terhidrolisis. Hal ini berarti pembuatan keju Mozzarella dengan cara pengasaman langsung menggunakan jus jeruk nipis harus diupayakan pula konsentrasi yang tepat agar banyak protein dan lemak dapat dipertahankan dalam *curd*.

Metzger *et al.* (2000) juga menyimpulkan hasil penelitiannya bahwa pengasaman awal dapat mempengaruhi kadar kalsium, protein dan lemak keju. Koagulasi pada kondisi asam yang optimum untuk aktivitas protease mampu menghasilkan *curd* yang kompak dan kokoh, sehingga pada saat *curd* dipotong, tidak banyak lemak dan kasein hilang bersama *whey*. Lemak dan kasein yang dapat dipertahankan dalam *curd* dapat menghasilkan rendemen keju lebih tinggi. Seperti telah dibuktikan oleh Emmons (1990) melalui berbagai estimasi untuk menghitung rendemen keju.

Lemak dan kasein juga merupakan komponen utama penentu daya leleh keju yang dihasilkan. McMahon *et al.* (1999) menyatakan bahwa daya leleh keju Mozzarella dipengaruhi oleh beberapa hal,

antara lain kadar lemak dan keseimbangan interaksi antar molekul protein dan interaksi antara molekul protein dan air.

Daya leleh tertinggi dijumpai pada konsentrasi jus jeruk nipis 2,3%, walaupun hasil analisis jarak berganda Duncan (dengan tingkat kepercayaan 5%) menunjukkan tidak berbeda nyata dengan beberapa konsentrasi lainnya. Berdasarkan hasil perhitungan perlakuan terbaik ternyata yang dapat menghasilkan keju Mozzarella berkualitas baik adalah konsentrasi jus jeruk nipis 1,9 %. Kondisi ini menunjukkan bahwa jus jeruk nipis sebagai bahan pengasam susu dalam pembuatan keju Mozzarella harus pada konsentrasi yang tepat, dan apabila kurang atau berlebih, maka keju Mozzarella yang dihasilkan berkualitas rendah.

Nilai pH susu setelah diasamkan dengan jus jeruk nipis ternyata bukan merupakan satu-satunya faktor penentuan daya leleh keju yang dihasilkan. Hal ini sependapat dengan Lucey *et al.* (2003) yang menyatakan bahwa pH bukan merupakan faktor utama penentu daya leleh keju Cheddar, tetapi jika pH terlalu rendah ($\text{pH} < 4,9$), maka bisa menurunkan daya leleh dan kemuluran keju. Hasil penelitian Dave *et al.* (2003) menunjukkan bahwa keju hasil pengasaman langsung menggunakan glukono- δ -laktone mempunyai daya leleh makin tinggi dengan makin banyaknya bahan koagulan yang ditambahkan.

Daya leleh keju Mozzarella tertinggi dari hasil penelitian ini ialah 11,53, dan merupakan daya leleh yang relatif tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Fife *et al.* (2002) mengenai daya leleh keju Mozzarella tanpa lemak dan keju Mozzarella rendah air dan skim berkisar $9,0 \pm 0,3$ – $16,9 \pm 1,1$. Sampel keju yang diukur daya lelehnya dalam penelitian ini sebesar 1,5 g, sedangkan penelitian Fife *et al.* (2002) menggunakan sampel keju 15 g. Daya leleh keju yang dicapai pada penelitian ini lebih tinggi daripada hasil

penelitian Tunick *et al.* (1993) dengan metode pengukuran yang sama dihasilkan daya leleh tertinggi 3,2; itupun terjadi pada keju Mozzarella dengan kadar lemak tinggi.

Penggunaan konsentrasi jus jeruk nipis lebih tinggi menjadikan keasaman susu lebih tinggi pula, sehingga koagulasi berlangsung lebih cepat. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian Yun *et al.* (1995^a) yang menunjukkan bahwa keasaman susu yang lebih tinggi pada pembuatan keju memang dapat mempercepat koagulasi. Bahkan penelitian Yun *et al.* (1993) sebelumnya, menunjukkan bahwa pH curd yang lebih rendah telah menghasilkan keju dengan kadar lemak dan protein relatif tinggi, walaupun berdasarkan hasil analisis statistika tidak berbeda nyata. McMahon *et al.* (1999) melaporkan bahwa keju Mozzarella dengan kadar lemak dan protein yang lebih tinggi dapat menghasilkan daya leleh keju lebih tinggi pula.

Hasil penelitian Rudan *et al.* (1999) menunjukkan bahwa keju Mozzarella dengan kadar lemak tinggi mempunyai daya leleh relatif tinggi pula. Demikian pula penelitian yang dilakukan Oommen *et al.* (2002) menunjukkan bahwa keju Mozzarella dengan kadar lemak dan protein tertinggi menghasilkan kemuluran dan daya leleh tertinggi jika dibandingkan perlakuan lainnya. Penelitian Kuo *and* Gunasekaran (2003) menunjukkan bahwa keju Mozzarella dengan daya leleh tinggi ternyata mempunyai kemuluran yang tinggi yang berarti makin mudah mulur seperti yang diharapkan dalam penggunaannya sebagai *topping*.

Kemuluran keju tertinggi dicapai pada konsentrasi jus jeruk nipis 1,9 % dan pada konsentrasi yang lebih tinggi ternyata kemulurannya turun. Fenomena demikian diduga kuat bahwa pada konsentrasi 2,0 % atau mungkin lebih tinggi, maka keasaman susu menjadi terlalu tinggi untuk menghasilkan kemuluran keju Mozzarella.

Bunton (2005) menyatakan bahwa penggunaan bahan pengasam terlalu banyak dapat mengakibatkan keju yang dihasilkan berkualitas rendah.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pH susu setelah ditambah asam dengan interval yang sempit tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, sedangkan perlakuan dengan interval lebar menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap beberapa parameter penentu kualitas keju. Yun *et al.* (1993) melaporkan bahwa pembuatan keju Mozzarella dengan pengasaman susu pada pH berturut-turut 5,40; 5,25 dan 5,10 tidak menunjukkan perbedaan pengaruh terhadap kadar air, kadar lemak, kadar lemak dalam bahan kering dan protein. Pada penelitian yang sama, Yun *et al.* (1995^b) melaporkan bahwa perlakuan tersebut juga tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap kekerasan (*hardness*), *cohesiveness*, *springiness*, daya leleh, *apparent viscosity*, minyak bebas dan minyak bebas dalam lemak. Berbeda dengan hasil penelitian Spangler *et al.* (1991) yang menyatakan bahwa keju dengan pengasaman awal (pH 6,3) mempunyai kadar protein lebih tinggi daripada keju tanpa pengasaman awal (pH 6,7).

Metzger *et al.* (2000) melaporkan pula bahwa pengasaman awal dengan asam sitrat pada pH 5,8 ternyata kadar kalsium keju turun, namun kadar kalsium *whey* naik lebih tinggi ($P < 0,05$) daripada pengasaman awal dengan asam sitrat pada pH 6,0. Percobaan lanjutannya dilaporkan bahwa pengasaman awal dengan asam sitrat pada pH 5,8 terjadi penurunan kadar kalsium keju dan peningkatan kadar kalsium *whey* ($P < 0,05$) daripada pengasaman awal dengan asam asetat pada pH 5,8.

Penambahan asam pada susu dapat mengakibatkan peningkatan kalsium *nonmicellar* dan kalsium ini larut dalam *whey*, sedangkan kalsium yang bertahan di dalam keju adalah kalsium *micellar*.

Makin tinggi kalsium *nonmicellar* yang terbentuk berarti makin rendah kalsium yang dipertahankan dalam keju. Penurunan kadar kalsium keju ini mengakibatkan keju lebih lunak dan lebih mudah mulur (Metzger *et al.*, 2000). Pada penelitian ini diduga bahwa keju yang dibuat dengan konsentrasi jus jeruk nipis 1,9 % mempunyai kadar kalsium lebih rendah daripada konsentrasi lainnya, sehingga daya leleh, kemuluran dan elastisitasnya paling tinggi.

Elastisitas tertinggi terjadi pada konsentrasi jus jeruk nipis 1,9 % dan pada konsentrasi lebih tinggi daripada 1,9 % terbukti elastisitasnya lebih rendah. Elastisitas keju yang lebih tinggi pada konsentrasi 1,9 % tersebut diduga kuat karena kondisi untuk koagulasinya optimum, dengan demikian lemak dan protein banyak terperangkap dalam matrik komponen penyusun keju, karena matrik komponen tersebut memang berperan sebagai pembentuk elastisitas keju Mozzarella. Hasil penelitian Metzger *et al.* (2001) menunjukkan bahwa keju Mozzarella dengan kadar kalsium yang tidak larut dalam air (*water-insoluble calcium*) rendah mempunyai *post-melt chewiness* rendah pula, yang berarti keju tersebut mempunyai elastisitas tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan serta perhitungan perlakuan terbaik, maka dapat disimpulkan bahwa konsentrasi jus jeruk nipis 1,9 % adalah konsentrasi terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bunton, M. 2005. Mozzarella Cheese Recipe. Home Dairying & Cheesemaking. Fias Co Farm. <http://fiascofarm.com/dairy/mozzarella.htm>. 12/02/06
- Cakrawala IPTEK. 2002. Tanaman Obat Indonesia: Jeruk Nipis (*Citrus*)

- aurantifolia* Swingle). IPTEKnet.
<http://www.iptek.net.id/ind/cakraobat/tanamanobat.php?id=131.03/05/06>
- Carroll, R. 2002. Home Cheese Making : Recipes for 75 Homemade Cheeses. 3th Edition. New England.
- Dave, R.I., D.J. McMahon, C.J. Oberg and J.R. Broadbent. 2003. Influence of Coagulant Level on Proteolysis and Functional of Mozzarella Cheese Made Using Direct Acidification. *J. Dairy Sci.*, **86**(1): 114-126.
- Emmons, D. B. 1990. Milk-Clotting Enzyme. 2. Estimating Cheese Yield Losses From Proteolysis During Cheese Making. *J. Dairy Sci.*, **73**: 2016-2021.
- Falade, O.S., O.R. Sowunmi, A. Oladipo, A. Tubosun and S.R.A. Adewusi. 2003. The Level of Organic Acids in Some Nigerian Fruits and Their Effect on Mineral Availability In Composite Diets. *Pakistan Journal of Nutrition*, **2**(2): 82-88.
- Fife, R.L., D.J. McMahon, and C.J. Oberg. 2002. Test For Measuring The Stretchability of Melted Cheese, *J. Dairy Sci.*, **85**: 3539-3545.
- Fox, P.F., T.P. Guinee, T.M. Cogan and P.L.H. McSweeney. 2000. Fundamentals of Cheese Science. Aspen Publishers, Inc. Maryland.
- Kuo, M., and S. Gunasekaran. 2003. Effect of Frozen Storage on Physical Properties of Pasta Filata and Nonpasta Filata Mozzarella Cheeses. *J. Dairy Sci.*, **86**: 1108-1117.
- Lucey, J.A., M.E. Johnson and D.S. Horne. 2003. Invited Review: Perspectives on The Basis of The Rheology And Texture Properties of Cheese. *J. Dairy Sci.*, **86**: 2725-2743.
- McMahon, D.J. 2007. Product Specifications : Mozzarella Cheese – Specification No. 603. McMahon Food Global Marketers. <http://www.mcmahon.com.au/specifications.html>. 29/01/07.
- McMahon, D.J., R.L. Fife and C.J. Oberg. 1999. Water Partitoning in Mozzarella Cheese and Its Relationship to Cheese Meltability. *J. Dairy Sci.*, **82**: 1361-1369.
- Metzger. L. E., D.M. Barbano, M.A. Rudan and P.S. Kinstedt. 2000. Effect of Milk Preacidification on Low Fat Mozzarella Cheese. I. Composition and Yield. *J. Dairy Sci.*, **83**: 648-658.
- _____, D.M. Barbano and P.S. Kinstedt. 2001. Effect of Milk Preacidification on Low Fat Mozzarella Cheese : III. Post-melt Chewiness and Whiteness. *J. Dairy Sci.*, **84**: 1357-1366.
- Oommen, B.S., D.J. McMahon, C.J. Oberg, J.R. Broadbent and M. Strickland. 2002. Proteolytic Specificity of *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* Influences Functional Properties of Mozzarella Cheese. *J. Dairy Sci.*, **85**: 2750-2758.
- Rudan, M.A., D.M. Barbano, J.J. Yun and P.S. Kinstedt. 1999. Effect of Fat Reduction on Chemical Composition, Proteolysis, Functionality and Yield of Mozzarella Cheese. *J. Dairy Sci.*, **82**: 661-672.
- Shakeel-Ur-Rehman, N.Y. Farkye and B. Yim. 2003. Use of Dry Milk Protein Concentrate in Pizza Cheese Manufactured by Culture or Direct Acidification. *J. Dairy Sci.*, **86**: 3841-3848.
- Spangler, P.L., L.A. Jensen, C.H. Amundson, N.F. Olson and C.G. Hill. 1991. Ultrafiltered Gouda cheese : Effect of Preacidification, Diafiltration, Rennet and Starter Concentration, and Time To Cut. *J. Dairy Sci.*, **74**: 2809-2819.

- Stefanini, G. 1991. Mozzarella Cheesemaking in Italy. Proceedings of Marschall Italian & Specialty Cheese Seminars.
- Tunick, M.H., E.L. Malin, P.W. Smith, J.J. Shieh, B.C. Sullivan, K.L. Mackey and V.H. Holsinger,. 1993. Proteolysis and Rheology of Low Fat and Full Fat Mozzarella Cheeses From Homogenized Milk. *J. Dairy Sci.*, **76**: 3621-3628
- USDA. 2005. Commercial Item Discription. Cheese, Mozzarella, Lite. The U. S. Department of Agriculture. United State.
- Walstra, P., T.J. Geurts, A. Noomen, A. Jellema and M.A.J.S. Van Boekel. 1999. Dairy technology : Principles of milk properties and process. Marcell Dekker, Inc. New York.
- Yun, J.J., D.M. Barbano and P.S. Kindtedt. 1993. Mozzarella Cheese : Impact of Milling pH on Chemical Composition and Proteolysis. *J. Dairy Sci.*, **76**: 3629-3638.
- _____, D.M. Barbano., P.S. Kindtedt and K.L. Larose. 1995^a. Mozzarella Cheese : Impact of Whey pH at Draining on Chemical Composition, Proteolysis and Functional Properties. *J. Dairy Sci.*, **78**: 1-7.
- _____, D.M. Barbano, L.J. Kiely and P.S.Kinsteds. 1995^b. Mozzarella cheese : Impact of Rod : Coccus Ratio on Composition, Proteolysis and Functional Properties. *J. Dairy Sci.*, **78**: 751-760.