LEMBAR KERJA

PEMANFAATAN KONSEP BUFFER DALAM PEMBUATAN KEJU DI INDUSTRI PANGAN

SMA KELAS XI/FASE F

Nama :

Kelas :

Disusun Oleh: Nazwa Nur Afifah

LIVEWORKSHEETS

TUJUAN PEMBELAJARAN

1. Peserta didik menjelaskan dan memprediksi secara ilmiah pentingnya pengendalian pH dalam pembuatan keju di industri pangan berdasarkan fenomena pada gambar dan teks yang disajikan.
2. Peserta didik merumuskan pertanyaan ilmiah terkait pemanfaatan buffer alami dan buffer sintetis dalam pengendalian pH pada proses pembuatan keju di industri pangan.
3. Peserta didik menafsirkan informasi secara ilmiah mengenai konsep, jenis, serta fungsi buffer alami dan buffer sintetis yang dimanfaatkan dalam pembuatan keju di industri pangan.
4. Peserta didik menafsirkan informasi secara ilmiah tahapan pembuatan keju alami (Cheddar) dan keju olahan, serta mengidentifikasi jenis buffer dan perannya pada setiap tahapan dan pada uji fosfatase produk keju.
5. Peserta didik menganalisis pH optimal pada setiap tahap pembuatan keju alami Cheddar berdasarkan data pada teks dan tabel yang disajikan.
6. Peserta didik menganalisis pemanfaatan sistem buffer dalam proses pembuatan keju serta keterkaitannya dengan pencapaian SDGs dan penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam industri pangan.
7. Peserta didik mengevaluasi dan menyimpulkan secara ilmiah peran sistem buffer dalam pengendalian pH untuk menjaga mutu dan ketahanan produk keju, serta keterkaitannya dengan SDGs dan ekonomi sirkular, didukung oleh data, argumen, dan teori.

LIVEWORKSHEETS

PETUNJUK PENGGUNAAN LANGKAH KERJA

1. Tuliskan identitas berupa nama dan kelas
2. Pahami tujuan pembelajaran serta petunjuk pengerjaan lembar kerja elektronik
3. Pengisian lembar kerja elektronik diisi langsung menggunakan live worksheet
4. Cermati setiap perintah dan pertanyaan yang terdapat pada lembar kerja elektronik
5. Tanyakan kepada guru apabila mengalami kesulitan dalam mengerjakan lembar kerja elektronik
6. Pastikan semua pertanyaan pada lembar kerja elektronik sudah terisi sebelum dikumpulkan
7. Kumpulkan lembar kerja elektronik jika sudah selesai mengerjakan

LIVEWORKSHEETS

ORIENTASI MASALAH

Teks 1

Bacalah teks tentang pengendalian pH dalam pembuatan keju di industri pangan berikut dengan saksama!

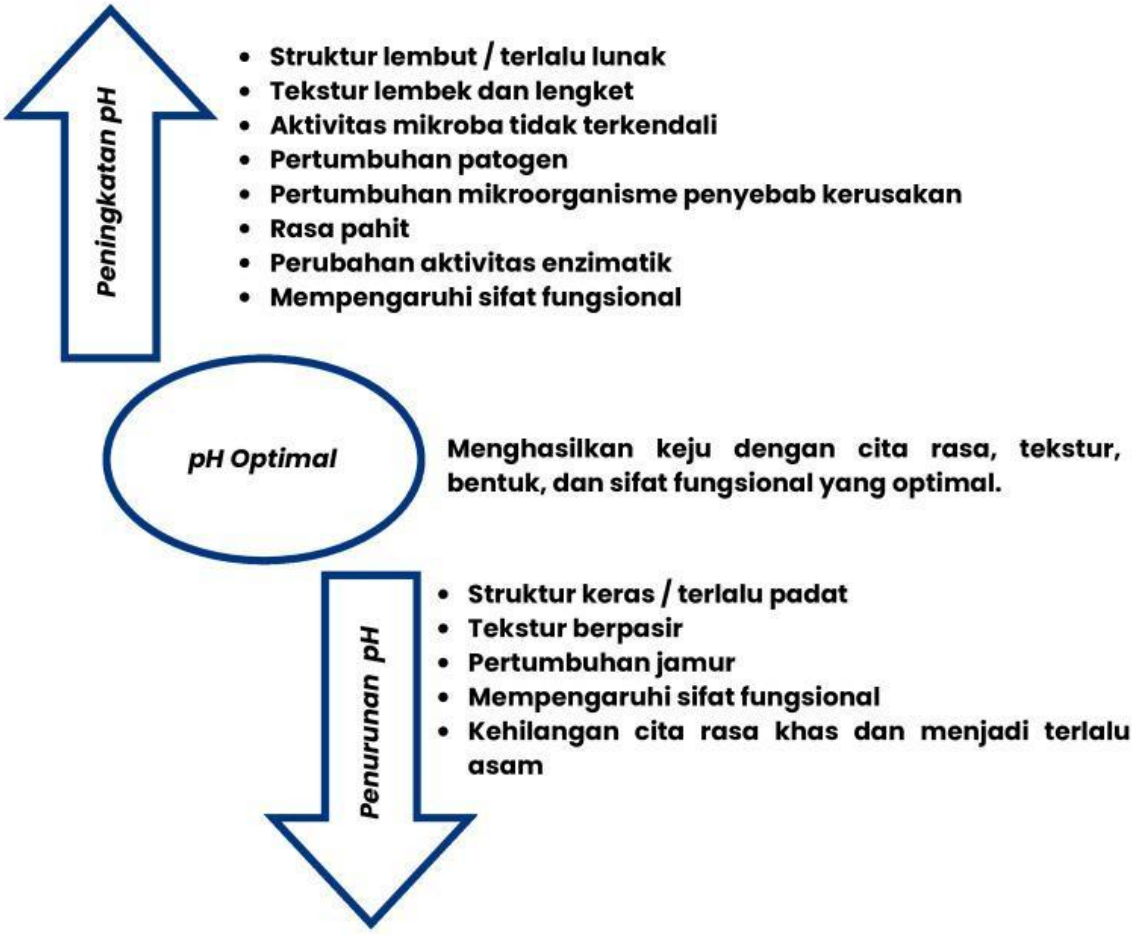
Gambar 1. Pembuatan Keju
Sumber: Fundamentals of Cheese Science

Pengendalian pH merupakan salah satu aspek paling penting dalam pembuatan keju karena memengaruhi hampir seluruh tahapan proses. Beberapa tahap krusial yang menentukan kualitas dan keamanan keju seperti koagulasi, *sineresis whey*, penggaraman, dan pematangan sangat dipengaruhi oleh perubahan pH. Penyesuaian pH pada setiap tahap pembuatan keju dapat membantu menghasilkan kualitas keju yang lebih konsisten. Selain itu, pH yang tepat juga berperan penting dalam menjaga keamanan keju dari sisi mikrobiologi, karena tingkat keasaman tertentu dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen. Pembuatan keju merupakan proses menyeluruh, di mana perubahan pH (termasuk seberapa cepat serta seberapa banyak asam terbentuk) sangat memengaruhi rasa, struktur, dan tekstur keju yang dihasilkan.

Secara umum, pH yang terlalu rendah (keasaman berlebih) dapat menyebabkan tekstur keju menjadi kasar dan bahkan memicu pertumbuhan jamur selama penyimpanan, tergantung pada jenis kejunya. Pada keju lunak, kondisi ini dapat menghasilkan tekstur yang lembek, sedangkan pada keju keras dan kering dapat membuat teksturnya menjadi rapuh dan mudah patah.

LIVEWORKSHEETS

Sebaliknya, keju dengan pH yang terlalu tinggi (> 5,6) biasanya keju tidak menyatu dengan baik, sehingga teksturnya mudah hancur dan tampak seperti potongan-potongan dadih. Akibatnya, keju menjadi kurang bagus saat digunakan, misalnya tidak bisa meregang atau meleleh dengan baik. Hal ini kemungkinan terjadi karena kalsium di dalam dadih tidak larut dengan cukup. Selain itu, pH yang terlalu tinggi juga dapat menimbulkan masalah keamanan pangan.



Gambar 2. Hubungan antara pH dan kualitas keju

pH keju memang menjadi parameter utama yang menentukan identitas dan kualitas setiap jenis keju. Setiap varietas keju memiliki rentang pH tertentu dan perubahan pH, baik turun maupun naik dapat mengubah kualitasnya. Misalnya, perbedaan antara keju Cheddar berkualitas baik (pH 5,2) dan keju Cheddar yang kurang baik (pH 5,4) hanya 0,2 unit pH. Namun, perlu diketahui bahwa perbedaan 1 unit pH sama dengan perbedaan sepuluh kali lipat jum-

LIVEWORKSHEETS

-lah ion hidrogen (H^+). Artinya, selisih kecil antara pH 5,2 dan 5,4 sudah menunjukkan perbedaan konsentrasi H^+ hingga dua kali lipat.

Hubungan pH dan kualitas keju terjadi karena pH mengatur muatan protein kasein, kelarutan mineral Ca-fosfat, dan kerja enzim: jika **pH terlalu tinggi** maka kasein masih banyak bermuatan negatif sehingga partikel saling tolak, jaringan curd menjadi kurang rapat dan banyak air tertahan sehingga tekstur keju lembek, ditambah enzim dan mikroba pembusuk lebih mudah aktif sehingga rasa bisa pahit; jika **pH berada pada kondisi optimum** maka muatan kasein dan ikatan Ca^{2+} seimbang sehingga terbentuk jaringan protein yang stabil, menghasilkan tekstur ideal, mudah dipotong dan meleleh dengan baik, serta reaksi pematangan berjalan terkontrol; sedangkan jika **pH terlalu rendah** maka muatan kasein makin ternetralisasi sehingga protein menggumpal kuat dan air banyak keluar sehingga keju menjadi keras/rapuh, serta Ca-fosfat lebih larut (Ca^{2+} lepas dari jaringan) sehingga struktur kurang elastis dan sulit meleleh. persingkat dikit

Dengan demikian, pengendalian pH bukan hanya menjadi parameter teknis, tetapi juga menjadi aspek krusial dalam menjamin mutu dan keamanan keju, sehingga pemahaman yang mendalam mengenai perubahan pH pada setiap tahap proses menjadi kunci keberhasilan produksi keju berkualitas tinggi (Bansal dan Veena, 2024).

LIVEWORKSHEETS

Setelah membaca teks 1, jawablah pertanyaan di bawah ini!

1) Jelaskan mengapa perbedaan pH yang tampak kecil, seperti antara keju Cheddar berkualitas baik (pH 5,2) dan keju Cheddar kurang baik (pH 5,4), dapat berdampak signifikan terhadap kualitas keju!

2) Jelaskan bagaimana hubungan antara pH dan kualitas keju jika ditinjau secara kimia!

LIVEWORKSHEETS

Teks 2

Bacalah teks 2 dan scan QR di bawah ini untuk mengetahui kandungan gizi dan manfaat keju Cheddar bagi kesehatan!

KANDUNGAN GIZI DAN MANFAAT KEJU CHEDDAR BAGI KESEHATAN

SCAN HERE

pH keju tidak hanya memengaruhi rasa dan teksturnya, tetapi juga kandungan gizi serta keamanannya untuk dikonsumsi. Oleh karena itu, pengendalian pH menjadi hal yang sangat penting dalam proses pembuatan keju.

Menurut United States Department of Agriculture (USDA), setiap 28 gram keju cheddar mengandung:

Kalori	: 120	Gula	: 1 g
Lemak	: 10 g	Protein	: 7 g
Sodium	: 190 mg	Kalsium	: 201,6 mg
Karbodidrat	: 0 g	Vitamin A	: 95,7 µg
Serat	: 0 g	Vitamin B12	: 0,3 µg

Keju bermanfaat bagi kesehatan karena menjadi sumber kalsium dan fosfor untuk tulang dan gigi, mengandung protein serta vitamin B12 untuk fungsi otot, saraf, dan pembentukan sel darah merah, serta membantu menjaga kesehatan jantung dan pencernaan. Kandungan protein dan lemaknya juga memberi rasa kenyang lebih lama sehingga dapat membantu mengontrol berat badan.

pH berperan penting dalam kualitas dan nilai gizi keju karena pH mengatur muatan kasein sehingga koagulasi berlangsung optimal, protein tidak banyak terbuang ke whey, dan tekstur keju menjadi baik. Selain itu, pH juga menjaga kelarutan kalsium-fosfat agar Ca tetap terikat pada kasein sehingga keju tidak rapuh dan kandungan mineral tidak banyak hilang. pH yang stabil membantu mencegah kerusakan vitamin serta mengurangi kehilangan vitamin larut air yang ikut terbawa whey. Pada kondisi pH optimum, fermentasi bakteri baik dapat berlangsung maksimal menghasilkan asam laktat, sehingga pertumbuhan patogen tertekan dan terbentuk rasa serta aroma khas keju.

LIVEWORKSHEETS

3) Jelaskan secara kimia, mengapa pengendalian pH yang tepat saat pembuatan keju penting untuk mempertahankan protein, mineral, vitamin, dan mendukung aktivitas bakteri baik agar keju tetap bergizi dan menyehatkan?

4) Setelah membaca teks tentang pengendalian pH dalam tahapan pembuatan keju, tuliskan rumusan masalahnya!

MENGORGANISASIKAN BELAJAR

Teks 3

Apakah kamu tahu? Buffer berperan penting dalam mempertahankan pH selama proses pembuatan keju, sehingga perubahan keasaman tidak terjadi terlalu cepat loh! **Yuk, baca teks 3 untuk memahami penjelasan lanjutannya!**

LIVEWORKSHEETS

Dalam pembuatan keju alami, kestabilan pH sangat dipengaruhi oleh sistem penyangga (buffer) yang terdapat di dalam susu. Larutan penyangga adalah larutan yang mampu mempertahankan pH tetap relatif konstan meskipun ditambah sedikit asam atau basa. Susu memiliki kemampuan buffer yang cukup kuat karena mengandung protein, fosfat, dan mineral yang dapat menahan perubahan keasaman. Tanpa sistem buffer, pH dapat berubah terlalu cepat sehingga dapat mengganggu tekstur, rasa, dan kualitas akhir keju (Fox et al., 2017).

Buffer dalam pembuatan keju dibedakan menjadi buffer alami dan buffer sintetis. Buffer alami berasal dari komponen biologis yang sudah ada di dalam susu. Sistem buffer ini terutama berasal dari protein (kasein) dan fosfat. Perannya yaitu menjaga penurunan pH selama fermentasi agar berlangsung lebih stabil dan tidak terlalu drastis, sehingga proses koagulasi dan pembentukan tekstur keju dapat berjalan optimal.

Selain itu, terdapat buffer sintetis yang berasal dari bahan tambahan yang diformulasikan manusia. Buffer sintetis umumnya tersusun dari pasangan asam lemah–basa konjugat atau basa lemah–asam konjugat. Dalam industri, buffer sintetis digunakan ketika pH perlu dikontrol lebih terukur agar hasil produksi lebih konsisten, terutama pada proses yang membutuhkan pengaturan keasaman secara cepat dan tepat.

Keju alami merupakan keju yang dibuat langsung dari susu melalui proses koagulasi dan fermentasi tanpa pemrosesan ulang, sehingga karakter rasa dan teksturnya terbentuk secara alami. Sebaliknya, keju olahan dibuat dengan melelehkan kembali keju alami lalu mencampurnya dengan bahan tambahan seperti emulsifier agar menghasilkan tekstur yang lebih stabil dan seragam.

LIVEWORKSHEETS

Pada praktiknya, buffer alami dalam susu digunakan ketika proses pembuatan keju mengandalkan perubahan pH yang berlangsung secara bertahap dan alami, sehingga tidak diperlukan pengaturan keasaman dari luar. Namun, buffer sintetis lebih sering digunakan pada pembuatan keju olahan atau keju dengan formulasi khusus yang membutuhkan kontrol pH lebih tepat, cepat, dan konsisten, misalnya untuk menyesuaikan tingkat keasaman, menstabilkan struktur, atau mencapai karakteristik produk tertentu yang sulit diperoleh hanya dari buffer alami.

Pindai QR di bawah ini untuk mempelajari konsep larutan penyangga (*buffer*).

SCAN HERE

Setelah membaca teks 3 di atas, jawablah pertanyaan di bawah ini!

5) Apa yang dimaksud dengan larutan buffer dalam pembuatan keju?

LIVEWORKSHEETS

6) Mengapa buffer mampu mempertahankan pH meskipun ditambahkan sedikit asam atau basa pada pembuatan keju?

7) Buffer terdiri dari buffer alami dan buffer sintetis. Apa perbedaan antara buffer alami dan buffer sintetis dilihat dari sumber, komposisi, serta penerapannya dalam pembuatan keju?

LIVEWORKSHEETS

8) Dalam proses pembuatan keju, kapan buffer alami dan buffer sintetis digunakan?

9) Keju dibedakan menjadi keju alami dan keju olahan. Jelaskan perbedaan antara keju alami dan keju olahan!

MEMBIMBING PENYELIDIKAN

Kerjakan soal-soal berikut dengan saksama melalui penelusuran internet atau literatur untuk menjawab pertanyaan di bawah ini.

Scan QR di bawah ini untuk mengakses cara pembuatan keju alami (Cheddar) secara lengkap.

SCAN HERE

LIVEWORKSHEETS

10) Jelaskan tahapan pembuatan keju alami Cheddar disertai dengan penjelasannya!
Jawab:

Tahapan	Penjelasan
Pasteurisasi	
Penambahan Bakteri Starter	
Koagulasi (Rannet)	
Pemotongan Dadih (*Curd*)	
Penghangatan dan Pengadukan Dadih (*Curd*)	

LIVEWORKSHEETS

Drainning dan Cheddaring	
Penggaraman	
Pemantangan	

Analisis tabel 1 di bawah ini mengenai pH optimal pada tahapan utama pembuatan keju alami!

Tabel 1. pH Optimal pada Tahapan Pembuatan Keju Alami

Tahapan	pH Optimal	Penjelasan
Pasteurisasi	6,6 – 6,8	pH susu awal sekitar 6,6-6,8. Memanaskan susu dilakukan untuk membunuh patogen, menonaktifkan enzim, dan menyiapkan kondisi yang stabil sebelum fermentasi & koagulasi. Susu mengandung sistem buffer alami (fosfat, kasein) yang menahan perubahan pH meski terjadi pemanasan, sehingga pH tetap stabil. Selama pasteurisasi, pH susu relatif tetap karena adanya sistem penyangga alami dan proses ini tidak menambahkan atau menghilangkan asam maupun basa. Susu mengandung buffer fosfat ($H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$) yang menetralkan perubahan ion H^+ saat pemanasan, serta protein kasein yang memiliki gugus $-COOH$ dan $-NH_3^+$ sehingga dapat mengikat atau melepaskan H^+. Selain itu, terdapat kesetimbangan antara kalsium fosfat terlarut dan yang terikat pada misel kasein, yang hanya sedikit bergeser selama pasteurisasi sehingga tidak menyebabkan perubahan pH yang signifikan

LIVEWORKSHEETS