الميكروبات مكون هام فى الغذاء

فى حديث سابق ، فى كتاب عن عالم خفى ... عالم ما لا نراه من ميكروبات، ذكرنا أننا قد أعجبنا ببعض مكروبات الغذاء ، ووجدنا فيها نفعا وليس ضررا ... ووجدنا أنها صانعة غذاء وليست متلفة غذاء. مثل تلك الميكروبات قمنا بفصلها عن غيرها من منافسيها ، ثم إستأنسناها ، كما سبق واستأنسنا بعض حيوانات الغابة من بقر وجاموس وخراف وماعز وجمال وخيول ، فكانت الميكروبات المستأنسة رهن إشارتنا وطوع بناننا ... نربيها تربية جيدة وننتخب منها سلالات ذات منفعة، كما سبق وإنتخبنا من الأبقار ما تخصص لإنتاج اللبن ، وما تخصص لإنتاج اللحم ، وكما إنتخبنا من الدجاج ما يصلح للتسمين وما يصلح لإنتاج البيض ، وكما إنتخبنا من الخيل ما يصلح للجر وما يصلح للركوب وما يتناسب مع السباق. فالميكروبات ، وهى كائنات حية توجد من أنواعها فى الطبيعة سلالات وسلالات ، ويظهر بينها ، بين الحين والآخر طفرات وطفرات ، وقد يحدث بين بعضها والبعض تزاوجات تنتج عنه هجن يتبعها إنعزالات قد ينتج عنها سلالات جديدة.

من الميكروبات التى استأنسناها ما كان بذاته غذاء ، نربيها كما نربى الماشية والأغنام ، ونزرعها فى البيئات المغذية كما نزرع القمح والذرة فى التربة ، ثم نحصد ما ربيناه وزرعناه من ميكروبات فيصير لنا ولأنعامنا غذاءا قيما مفيدا ، وهذا كان حديثنا فى الصفحات السابقة. ومما استأنسنا من ميكروبات ما صلح لإنتاج أغذية بعينها ودخل فى تركيبها وأصبح مكونا أساسيا بها ... نتغذى عليها ضمن مكوناتها الأخرى ، دون أن يدرى معظمنا بأننا نأكل فى طعامنا ملايين بل مليارات من الميكروبات ، وذلك كما فى الخبز وأنواع من الجبن وغيره من منتجات الألبان.

إن دخول الكائنات الدقيقة فى تصنيع كثير من الأغذية الشعبية قد عرف منذ أن عرفت الميكروبات ، وتتنوع الأغذية التى تدخل فيها الميكروبات ، وخاصة بين دول الشرق الأقصى. وقد عرفت الأغذية التى تدخل الكائنات الدقيقة فى تصنيعها، منذ فجر التاريخ وإستخدمت تلك الأغذية فى مختلف الحضارات ، وعادة ما يحدث النمو الميكروبى فى تلك الأغذية تحسينا فى قوامها وفى نكهتها وفى قيمتها الغذائية، وفى نفس الوقت فإن هذا النمو الميكروبى كثيرا ما يؤخر فساد تلك الأغذية بفعل ميكروبات أخرى ضارة ، لهذا فإننا نجد أن الأغذية التى تدخل الميكروبات فى صناعتها ذات أعمار تخزينية أطول من الأغذية الغير مخمرة فى تصنيعها. وهذا هو موضوع حديثنا فى هذا الفصل من الكتاب.

الميكروبات وتخمير المعجنات

تستخدم بعض الكائنات الدقيقة ، وبخاصة أنواع من فطريات الخميرة ، فى تخمير العجين. وقد كان المصريون القدماء أول من خمر العجين لتصنيع الخبز ، وعنهم إنتقلت هذه الخبرة إلى الإغريق والرومان. وتعتمد فكرة التخمير على النشاط اللاهوائى للخميرة المؤدى إلى تحويل السكر السداسى إلى كحول إيثايل وغاز ثانى أكسيد الكربون.

سكر سداسى ⟵ كحول إيثايل + ثان أكسيد كربون

$$C_6H_{12}O_6 \longleftarrow 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2$$

الناتج الفعال فى هذا التفاعل هو غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يتسبب فى إنتفاخ العجين وزيادته فى الحجم ، وذلك بتكوينه لفقاعات صغيرة من الغاز تنتشر وتنحصر وسط العجين ، ويساعد على ذلك عملية العجن الجيد. العجن الجيد ينتج عنه تكون نظام شبكى من بروتين الدقيق المعروف بالجلوتين gluten ، يعطى

للعجين مرونة ويمكنه من حجز ثانى أكسيد الكربون الناتج. يبدأ التخمر بقيام الخميرة بتحليل السكريات البسيطة الموجودة بالدقيق ، ثم يستخدم سكر المالتوز الناتج عن التحلل المائى للنشا. يحتاج التخمر لفترة 2 إلى 4 ساعات على درجة حرارة 27 ° م. يلاحظ أنه بعد فترة من نشاط الخميرة ، يحدث هبوط فى النشاط نظراً لإنفصال الخميرة فى فقاعات الغاز المتكون ، عن العجين ، وحينئذ يلزم إعادة العجن لإعادة توزيع الخميرة. فى نهاية التخمر نجد أن نسبة الكحول فى العجين قد ارتفعت إلى حوالى0.5 % ، وعندئذ يكون العجين جاهزاً للخبيز. أثناء الخبيز ، وبعد تمام التخمر ، وتعريض العجين للحرارة العالية يتمدد غاز ثانى أكسيد الكربون المحصور بالعجين ، بدرجة عالية فيزداد سمك العجين ، كما تزداد مسامية الخبيز الناتج ، أما الكحول الذى تكون بالعجين فإنه يتطاير بفعل الحرارة المرتفعة. فى ضوء تفاعل التخمر السابق بيانه نجد أن الخمائر تستخدم أيضاً فى تصنيع الكحول والمشروبات الكحولية.

الخميرة المستخدمة فى تخمير الخبز والكثير من المعجنات تعرف بخميرة البيرة، وذلك لاستخدامها أيضا فى صناعة البيرة وتعرف علميا بسكاروميسيس سرفيسيا *Saccharomyces cervisiae* (شكل 22). ويمكن استبدال الخميرة ببعض المواد الكيميائية التى تولد غازات عند تعرضها لحرارة مرتفعة ، من ذلك بيكربونات الصوديوم والمركبات النشادرية فيتولد عن أولهما غاز ثانى أكسيد الكربون وعن الثانية غاز النشادر.

بيكربونات صوديوم ⟵ كربونات صوديوم + ثانى أكسيد كربون + ماء

$$2\ NaHCO_3 \longleftarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

وفى هذه الحالات لا يحتاج العجين إلى فترة تخمر ، بل يخبز مباشرة.

يمتاز التخمير عن إضافة المواد الكيميائية ، بأن إضافة فطر الخميرة يتسبب فى تحسين القيمة الغذائية للخبيز الناتج ، حيث يزداد المكون الميكروبى الغنى

بالبروتينات ، كما يزداد المحتوى الفيتامينى للخبيز الناتج. تعتبر الخميرة من المغذيات الهامة ، إذ أنها غنية فى محتواها البروتينى وبها نسبة معقولة من الدهون، كذلك فإن الخميرة غنية بمجموعة فيتامينات B . يسوق فائض خميرة الخباز ؛ خميرة البيرة فى الدول الغربية كمواد غذائية مكملة. التغذية على الخميرة ذات أهمية كبيرة فى الدول الفقيرة والتى يتكون معظم غذائها من مواد نشوية ، إذ من المفروض أن لا تقل نسبة البروتين فى الغذاء عن 16 % من محتواه الجاف ، وتزداد هذه النسبة عند الأطفال. *

الميكروبات وصناعة اللبن الزبادى

اللبن الزبادى أو اليوغورت youghurt وأنواع أخرى من الألبان المتخمرة ، هى أغذية هامة لدى كثير من الشعوب ، وتعتمد صناعاتها على تخمير اللبن الطازج بواسطة أنواع خاصة من الكائنات الدقيقة ، وعادة يركز اللبن المستخدم بالغليان ، أو يستخدم لبن فرز مبستر ومضاف إليه مسحوق لبن خالى الدسم ، ليصل تركيز المواد الصلبة غير الدهنية باللبن المستخدم إلى 10 %. ومن أنواع البكتيريا المستخدمة لاكتوباسلس أسيدوفيلس *Lactobacillus acidophillus* ولاكتوباسلس بلجاريكس *L.bulgaricus* وستربتوكوكس ثرموفيلس *Streptococcus thermophilus* وستربتوكوكس لاكتس *S. lactis* ، وقد تضاف إلى أى من البكتيريا أنواع من فطريات الخميرة لتساعد فى عمل البكتيريا المخمرة. عند صناعة اللبن الزبادى يضاف البادئ إلى اللبن الطازج المبستر والمبرد إلى حوالى 42 ° م وذلك بنسبة 2 إلى 3 % . البادئ المستخدم عبارة عن الكائنات الدقيقة المعدة للقيام بعملية التخمير. وقد يكون البادئ جزء من مزرعة نقية من البكتيريا المرغوبة ، وقد

* لمزيد من التفاصيل يمكن الرجوع إلى كتاب عالم خفى للمؤلف.

يكون جزءا من لبن مخمر سابق• ينشط البادئ عند وضعه فى الحرارة الملائمة له، فيتكاثر باللبن ويقوم بتحليل سكر اللبن ؛ اللاكتوز lactose إلى حمض اللبن ؛ حمض اللاكتيك lactic acid • يؤدى هذا النشاط إلى ارتفاع حموضة اللبن فيتخمر اللبن كليا أو يصبح أكثر لزوجة ، حسب نوعية البادئ المستخدم ، كما يعطى هذا النشاط قوام ونكهة قشدية creamy flavour • يجب إيقاف نشاط الكائنات الدقيقة باللبن المخمر عند وصول الحموضة إلى الدرجة المناسبة ، ويتم ذلك تحت الظروف المناسبة بعد مرور 4 إلى 5 ساعات من إضافة البادئ ، وذلك بالتبريد السريع أو بالسترة•

أحيانا يصنع اللبن الزبادى من اللبن الجاف بعد تخفيفه بالماء السابق غليانه والمبرد إلى حوالى 45 ° م ، بمعدل 50 جرام لبن جاف لكل لتر ماء•

يعتقد أن للألبان المتخمرة فضل كبير فى الصحة الجيدة والأعمار الطويلة التى يتمتع بها سكان المناطق التى يعتمد سكانها إعتمادا كبيرا على تلك الألبان فى تغذيتهم مثل كثير من شعوب دول البلقان والقوقاز وآسيا الوسطى• وقد ثبت أن لبعض أنواع البكتيريا الداخلة فى هذه الصناعة أهمية كبيرة فى علاج بعض أمراض الجهاز الهضمى للإنسان كالإمساك والإسهال ، فتستعمل البكتيريا لاكتوباسلس أسيدوفيلس الداخلة فى صناعة اللبن الزبادى فى علاج بعض حالات الإمساك أو الإسهال المزمنين وكذلك فى حالة إلتهاب القولون ، وذلك بالتغذية على هذه البكتيريا الحية• ويمكن لهذه البكتيريا إستيطان القناة الهضمية للإنسان فتقلل فى نفس الوقت من نمو البكتيريا التعفنية المحللة للبروتينات• لهذا فإنه ينصح ، عقب العلاج بالمضادات الحيوية ، التغذية باللبن الزبادى حتى يحل ما بها من ميكروبات نافعة محل الميكروبات التى قضت عليها المضادات الحيوية•

تزيد الكائنات الدقيقة من المحتوى الفيتامينى للألبان المخمرة ، والحموضة الناتجة عن نشاط هذه الكائنات ، برفع قابلية الأملاح الموجودة باللبن للذوبان وبالتالى فإنها تسهل من قابلية هذه الأملاح للإمتصاص بالأمعاء.

الأجبان

الأجبان من المنتجات الهامة للألبان ، ويقدر أن حوالى 10 % من الألبان المنتجة على مستوى العالم تذهب إلى صناعة الأجبان. يحتوى الجبن على دهون وبروتينات وبخاصة الكازين casein والألبيومين albumin ، كما يحتوى الجبن على سكر لاكتوز وبعض الشرش. فى صناعة الجبن يتجمع الكازين لعمل الخثرة ، وقد يتم ذلك نتيجة لحموضة اللبن أو بفعل الأنزيمات وخاصة أنزيمى الرينين rennin والببسين pepsin. نحصل على الرينين من عجول صغيرة فى طور الرضاعة ، لهذا الغرض تذبح العجول فى عمر أسبوعين. فى السنين الأخيرة إزداد الطلب على اللحوم وقل كثيرا ذبح العجول فى عمر الرضاعة ، وفى نفس الوقت إزداد الطلب على الأجبان واشتدت الحاجة إلى إنزيم الرينين الذى لم يعد متوفرا ، ولهذا لجأ العلماء الى البكتيريا المعدلة وراثيا وإستخدمت لإنتاج إنزيم الرينين. كذلك فقد وجد أن بعض الفطريات يمكنها إفراز أنزيمات خارجية ومنها الرينين ، من هذه الفطريات ، الفطر المسبب لمرض اللفحة فى أشجار أبو فروة ؛ إندوثيا بارازيتيكا *Endothia parasitica* والفطر ميوكر بسيلس *Mucor pusilus* . إستخدم الرينين الميكروبى بتوسع فى صناعة كثير من أنواع الجبن ومنها الجبن الشيدر والجودة والايدام والكمبرت وغيرها.

تختلف الألبان فى القوام فمنها الأنواع الطرية والأنواع الجافة والأنواع نصف الجافة. وفى معظم تلك الأنواع ، تحتاج الألبان المصنعة إلى عملية إنضاج لرفع درجة حموضة اللبن قليلا قبل إضافة المنفحة ، وأثناء الإنضاج يزداد تحول أملاح

الكالسيوم من الصورة غير الذائبة إلى صورة قابلة للذوبان. قد يتم الإنضاج بتخزين اللبن الطازج لمدة محدودة تنشط أثناءها البكتيرية الطبيعية ، أو أن يبستر اللبن ثم يضاف بادئ من بكتيريا مكونة لحمض لاكتيك ، كما فى حالة صناعة اللبن الزبادى ، وتشمل هذه البكتيريا أنواع من الجنسين لاكتوباسلس وستربتوكوكس ، وفى بعض أنواع الجبن كالأجبان السويسرية التى يتكون بداخلها فقاعات غازية تضاف البكتيريا بروبيونيبكتريم *Propionibacterium* spp. وذلك فى حدود 1 %. بعض أصناف الجبن يضاف إليها أنواع أخرى من الميكروبات فى فترة لاحقة من الصناعة وذلك كما فى حالتى الجبنة الركفورت والجورجونزولا Gorgonzola حيث يتغلغل الميكروب المستخدم داخليا ، والجبن الكمبرت حيث يكون معظم النمو الميكروبى سطحيا.

الشرش المتبقى بعد تخثر كازين اللبن يعتبر غذاء غنى ويمكن استخدامه فى إنتاج خميرة للغذاء أو فى إنتاج حمض الستريك باستخدام الفطر كلايفيروميسيز ماركسيانس *Kluyveromyces marxianus* أو فى إنتاج حمض لاكتيك باستخدام أنواع من البكتيريا لاكتوباسلس *Lactobacillus* .

الجبن الركفورت : نشأ الجبن الركفورت roquefort cheese فى مناطق تربية الأغنام بجنوب فرنسا ، حيث يصنع من لبن الأغنام ، ويصنع نوع مشابه له يعرف بالجبن الأزرق blue cheese من اللبن البقرى فى الولايات المتحدة الأمريكية. يخثر اللبن بأنزيم الرينين على حرارة منخفضة ، ثم تقطع الخثرة إلى قطع صغيرة ، وتصفى من كثير من مائها. تجمع قطع الخثرة فى أكوام مفككة ، ثم تلقح بقطع من الخبز سبق تنمية الفطر بنسيليوم ركفورتى *Penicillium roqueforti* عليها. تحضن الخثرة الملقحة على حرارة 18 إلى 20 °م ورطوبة 80 إلى 90 %. تمشط الخثرة على فترات خلال ثلاثة إلى عشرة أيام ، ثم تغسل وتملح. يثقب الجبن

للتهوية وتنشيط الفطر ، وتترك مدة شهرين للإنضاج. خلال فترة الإنضاج يفرز الفطر إنزيمات خارجية تقوم بهضم بروتينات ودهون الجبن وينتج عن ذلك تكون أحماض دهنية ذات أوزان جزيئية مرتفعة منها أحماض كابريك capric acid وكابرويك caproic acid وكابريلك caprylic acid ، وبذلك نحصل على الطعم المميز لهذا النوع من الجبن.

جبن الكممبرت : صنعت الجبنة الكممبرت camembert cheese لأول مرة فى شمال غرب فرنسا. يخثر اللبن بإستخدام إنزيم رينين ، ثم تكوم الخثرة وتترك خلال الليل للتصفية ، بعدها تقلب جيدا ثم تترك لتصفى مرة أخرى. بعد مرور يومين إلى ثلاثة أيام تقسم الخثرة إلى قطع ، تبرم على سطح ملحى ، ثم ترش بجراثيم الفطر الأبيض بنسيليم كممبرتاى *Penicillium camemberti* . تساعد عملية التمليح على تصفية الشرش من الخثرة ، فتصبح الطبقة الخارجية جامدة ، وتكون قطع الجبن فى هذه المرحلة عبارة عن خثرة طرية مرة محاطة بغلاف ملحى ناعم يحفظ الخثرة الداخلية من البكتيريا والفطريات الأخرى. تنبت جراثيم فطر البنسيليم المرشوشة على السطح الخارجى ، ويخترق الميسيليوم الفطرى الغلاف الملحى الخارجى. يستمر نمو الفطر بالداخل ويفرز أنزيمات محللة للبروتين فتصبح الخثرة طرية زبدية القوام وتختفى المرارة والحموضة مما يسمح لأنواع من البكتيريا وللفطر جيوتريكم كانديدم *Giotrichum candidum* بالنشاط ، فتظهر النكهة النشادرية المميزة. يحتاج إنضاج الجبن إلى حوالى أربعة أسابيع ، وتجرى التسوية فى حجرات خاصة على درجات حرارة من 10 إلى 16 °م ورطوبة نسبية من 86 إلى 88 %.

الكشك

الكشك غذاء شعبى مصرى وخاصة فى مصر العليا• يصنع الكشك من حبوب قمح مطبوخة مع لبن حامض sour milk يعرف بلبن الزير بنسبة 2 : 1 • تغسل حبوب القمح ثم تغلى فى الماء حتى تلين الحبوب ، تغسل الحبوب المغلية بماء بارد لإزالة المادة الجيلاتينية ، ثم تفرد لتجف ، ثم تدعك باليد على غربال لإزالة أغلفة الحبوب ، بعدها تطحن الحبوب للحصول على مسحوق خشن•

يحضر اللبن الحامض فى أواخر الربيع ، وهو فى نفس الوقت أوان نضج القمح؛ عندما ترتفع حرارة الجو ، ويتعرض اللبن للفساد السريع بفعل الميكروبات، ويصبح غير صالح لصناعة الأجبان• يحفظ اللبن تحت هذه الظروف فى أوانى فخارية مسامية كبيرة تعمل على خفض درجة حرارته نتيجة التسرب البطىء للشرش خلال مسام الأوانى الفخارية ، وتبخر ما به من ماء• وللمساعدة على إستمرار تصريف الشرش وبقاء المسام مفتوحة تغسل الأوانى من الخارج على فترات كما ترش أسطحها الخارجية بالملح• وعند إضافة لبن جديد إلى اللبن السابق يضاف إليه قليل من الملح• بخروج الشرش تزداد كثافة اللبن ، كما تزداد حموضته نتيجة لنشاط أنواع من بكتيريا حمض اللاكتيك *Lactobacillus* spp. وبعض الخمائر ويصل رقم حموضة اللبن الحامض إلى رقم pH 3.5 - 3.8 •

يوضع مسحوق القمح المطبوخ والمزال أغلفته فى وعاء فخارى مصقول• يبلل مسحوق القمح بماء ساخن ، وبعد أن يبرد يضاف إليه ثلث اللبن الحامض بعد تخفيفه بماء أو بلبن طازج• يخلط مسحوق القمح مع اللبن جيدا ليصبح عجينا ناعما• يترك العجين ليخمر مدة 24 ساعة ، بعدها يضاف باقى اللبن الحامض إلى العجين المخمر ، ثم يترك لمدة 24 ساعة أخرى لإستكمال التخمير• يشكل العجين بعد تمام تخميره بشكل كرات صغيرة وتترك لتجف فى الشمس ثم يستكمل التجفيف بالفرن ، بعدها تخزن لحين الاستعمال•

الكشك غذاء متوازن غنى فى فيتامين B ، ويحتوى على حوالى 8 % ماء و52 % مواد كربوايدراتية و 10 إلى 19 % بروتينات و 13 % دهون و 4 إلى 11 % رماد و 2.5 % ألياف و 1.5 إلى 3 % حمض لاكتيك.

أغذية أخرى مخمرة

كثيرا ما يكون تخمر الغذاء بفعل نمو كائنات دقيقة به سببا لفساده. إن الكثير من الأغذية ... نباتية كانت أم حيوانية ، التى نستخدمها طعاما أو شرابا ، هى فى نفس الوقت غذاء ممتع لكثير من الأحياء الدقيقة ، التى قد تتواجد عادة بهذه الأغذية، أو الموجودة بالجو المحيط بها. هذه الأحياء لا تراها عيوننا المجردة ، بل نلمس آثارها ، فما كان لنا غذاءا شهيا أصبح بعد نمو وتكاثر تلك الكائنات الخفية ، طعاما غير مقبول ... لطعمه نحن غير سائغين ... ولرائحته صرنا كارهين ... ولمظهره أصبحنا نافرين ... وقد يصبح الطعام داءا ممرضا أو سما قاتلا ، فنلقى بقوتنا فى سلال القمامة ... مستسلمين لتلك الميكروبات ... تاركين لها غذاءنا بعد أن تمكنت منه ، لتستكمل توغلها فيه حتى تنتهى من استغلاله ، ثم تنتقل منه بوسيلة أو بأخرى إلى غذاء آخر فتفعل به ما فعلت بسابقه.

ليس هذا هو الحال مع جميع الميكروبات ، فالبعض منها يهاجم الغذاء لصالحنا ، تهاجمه بمعرفتنا ورغبتنا ، تتغذى على غذائنا ونتغذى عليها ... تحدث بأغذيتنا تغييرات نرضى عنها ونقبلها ؛ تغييرات لصالحنا ، فيصبح الطعام مع تلك الميكروبات النامية أشهى وألذ مما كان عليه بدونها ... تتحسن نكهة الطعام ويصبح أسهل هضما وقد تزداد قيمته الغذائية. لاحظنا ذلك فى بعض منتجات الألبان ، وسنشاهد أمثاله فى أغذية أخرى تقبل عليها بعض الشعوب وبخاصة فى شرق آسيا.

صلصة الصويا : صلصة الصويا soya sauce عبارة عن سائل بنى اللون واسع الإنتشار عالميا. يستخدم فى تتبيل أنواع عديدة من الأطعمة وخاصة فى الصين واليابان والفلبين وإندونيسيا والولايات المتحدة الأمريكية. تحضر هذه الصلصة بالتحليل المائى لبروتين ودهون وكربوايدرات فول الصويا ، قد يتم ذلك بطريقة كيميائية غير عضوية ، بإستخدام حمض هيدروكلوريك مركز ثم تعادل الحموضة الزائدة بإستخدام إيدروكسيد الصوديوم ، وهذا هو الأسهل والأعم ، وقد يجرى التحليل بطريقة بيولوجية بإستخدام فطريات وهو الأفضل طعما ونكهة. وتعتبر الصين واليابان فى مقدمة الدول المنتجة لصلصة الصويا ، وأن 90 % من إنتاجهما يتم بتدخل فطرى.

لعمل صلصة الصويا تغسل بذور فول صويا ثم تنقع فى ماء لمدة 15 ساعة على درجة حرارة الغرفة ، ثم تنضج على بخار ماء ، وقد يتم ذلك تحت ضغط. فى خلال الوقت السابق تنظف حبوب قمح أو أرز وتحمص ثم تطحن. يخلط القمح أو الأرز المسحوق جيدا مع بذور الصويا المسواة بالبخار بنسبة 45 : 55 . يلقح الخليط السابق بالفطر أسبرجيللس أريزى *Aspergillus oryzae* أو أسبرجيلس سويى *A. soyae*. يحضن الخليط الملقح على حرارة 25 - 35 °م لمدة ثلاثة أيام إلى أربعة أيام ، يقلب خلالها الخليط مرتين على الأقل. يتغذى الفطر أولا على المسحوق النجيلى المغلف لحبوب الصويا. وفى نهاية فترة الحضانة يكون ميسيليوم الفطر قد غطى حبوب فول الصويا جيدا. يوضع خليط الحبوب النجيلية وبذور الصويا والفطر فى براميل كبيرة ، ويضاف إلى الخليط كمية مماثلة من محلول ملحى قوى بحيث يصل التركيز النهائى للملح إلى حوالى 20 % ، ويترك للتخمر من ثلاثة إلى أربعة أشهر إذا كان الجو دافئا أو لمدة قد تصل إلى عام كامل إذا كان الجو باردا. خلال فترة الإنضاج يقلب الخليط عدة مرات بإستخدام هواء مضغوط. خلال هذه الفترة تتدخل كائنات دقيقة أخرى موجودة بالجو فى عملية

الإنضاج ، ففى الفترة الأولى تقوم بعض البكتيريا بتكوين حمض لاكتيك ، بعدها تتدخل بعض الخمائر لتكوين كحول إيثايل وغاز ثانى أكسيد الكربون وحمض خليك• تتسبب الإنزيمات الميكروبية المفرزة فى تحليل البروتينات إلى أحماض أمينية ، والدهون إلى أحماض دهنية ، والنشويات إلى سكريات ذائبة• فى الفترة الأخيرة للإنضاج يضعف النشاط الميكروبى• بإنتهاء فترة الإنضاج يصفى الخليط جيدا مع الكبس ، ويستخلص السائل• يعقم السائل المصفى لقتل الميكروبات وإفساد ما به من إنزيمات وإيقاف النشاط الحيوى به•

التمبة : التمبة tempe من الأغذية الشائعة فى بعض دول شرق آسيا وأمريكا الجنوبية وبخاصة فى إندونيسيا وغينيا الجديدة وسيرنام ، وهى تعتبر من بدائل اللحوم• تحضر التمبة من البذور الجافة الناضجة للمحاصيل البقولية وبخاصة فول الصويا• تغسل البذور ثم تنقع فى الماء طول الليل ، ثم تنزع قصرتها• تغلى البذور المنزوع قصرتها لمدة نصف ساعة ، ثم تصفى وتبرد ، ثم تلقح بجراثيم الفطر ريزوبس أوليجوسبورس *Rhizopus oligosporus* ، وقد يتم التلقيح بإستخدام قطع من تمبة قديمة• تقسم فول الصويا الملحقة إلى كميات صغيرة ، تغلف كل منها بورقة نبات ثم تربط بخيط وتحفظ فى جو دافئ ، حوالى 37 ° م لمدة تتراوح من يوم إلى ثلاثة أيام ، خلالها ينشط الفطر وتنمو خيوطه داخل البذور وحولها ، وتصبح البذور متماسكة مترابطة ومغلفة بطبقة بيضاء اللون من الفطر النامى ، وعندئذ تصبح جاهزة للإستهلاك فتنزع من ورق النبات المغلف• قطع التمبة الناتجة تحتوى على أكثر من 40 % من وزنها الجاف بروتين• تجهز التمبة كغذاء بتقطيعها إلى شرائح تغمر فى ماء مالح ثم تحمر فى زيت ، وقد تشوى ، وقد تقطع إلى مكعبات تضاف إلى الحساء كبديل للحوم•

فول الصويا غير المعامل بالفطر لا يلين فى الطبخ ويصعب هضمه ، فهو يحتاج إلى 4 - 6 ساعات غليان لإنضاجه ، لكنه بعد المعاملة بالفطر فإنه يحتاج فقط إلى ثلاثة إلى أربعة دقائق فقط لتحميره أو عشر دقائق غليان لتسويته ، كما أن طعمه وقيمته الغذائية تتحسن فيزداد محتواه من فيتامينات الريبوفلافين والنياسين و B_{12} ، لكن محتواه من الثيامين يقل. بالنسبة للمحتوى النتروجينى نجد أن معدله لا يتغير بالتخمير ، لكن نسبة النتروجين الذائب تزداد ، وعموما فإن القابلية للهضم تتحسن.

الإنتجوم : الأنتجوم ontjom ويقال له أحيانا الأنكم oncom غذاء إندونيسى مصنع من كسب الفول السودانى أو جوز الهند. هذه المخلفات المضغوطة ذات محتوى ألياف مرتفع وغير قابلة للهضم وتستخدم أساسا فى تغذية الماشية والأغنام. تخمر هذه المخلفات بإستخدام فطر التمبة ؛ ريزوبس أوليجوسبورس أو بإستخدام الفطر نيروسبورا سيتوفيلا *Neurospora sitophila* . ينمو الفطر الملقح على الكسب ويتغلغل فى الأنسجة النباتية ، وتقوم أنزيماته بتحليل الألياف والبروتينات والدهون منتجة مركبات أكثر قابلية للذوبان وأسهل هضما ، وفى نفس الوقت يحدث تحسن كبير فى المذاق والنكهة وتصبح من الأغذية الصالحة لطعام الإنسان. وهذا يدعونا إلى التفكير فى تحويل كافة المخلفات الزراعية والتى كثيرا ما نشكو من صعوبة التخلص منها ، إلى صور صالحة للتغذية الآدمية وبخاصة فى الدول الفقيرة التى أصبح توفير الغذاء لشعوبها ضرورة ملحة مع التزايد السريع فى الأفواه المتعطشة للغذاء.

السوركراوت : السوركراوت sauerkraut أحد أنواع المخللات ، وهو عبارة عن ورق كرنب مقطع إلى شرائط تملح وتخمر فى عصيرها بإستخدام نوع من بكتيريا لاكتوباسلس شبيهة بالبكتيريا المستخدمة فى صناعة اللبن الزبادى وينتج عن نشاطها تكون حمض لاكتيك الذى يساعد على حفظ المنتج ضد الميكروبات الأخرى.

عند عمل السوركراوت يضاف ملح طعام خشن إلى شرائط الكرنب بمعدل 2 إلى 3 % ، فيقوم الملح بسحب العصارة من ورق الكرنب ، فيساعد العصير على نشاط البكتيريا المخمرة. يبدأ التخمر عادة بفعل البكتيريا ليكونوستوك ميزنترويدس *Leuconostoc mesenteroides* التى ينتج عن نشاطها تكون أحماض لاكتيك وخليك وكحول الإيثايل والمانيتول وثانى أكسيد الكربون ، ويؤدى هذا إلى وصول حموضة سائل التخمير إلى 0.7 - 1.0 %. تنشط عقب ذلك بكتيريا لاكتوباسلس بلانتارم *Lactobacillus plantarum* التى تكون حمض لاكتيك فقط ، بعدها تنشط البكتيريا لاكتوباسلس بريفس *L. brevis* فتصل الحموضة إلى 1.7 – 1.8 % وينتج حمض خليك.

عموماً فإنه فى كافة عمليات التخليل الطبيعى لمختلف النباتات كالجزر والخيار واللفت والزيتون ، يحدث تخمر ميكروبى للسكر الموجود بالمادة المخللة. ففى تجهيز الخيار توضع فى محلول ملحى 8 % ، وتزاد الملوحة تدريجياً حتى تصل إلى 16 – 18 % ، ويترك لمدة حوالى ستة أسابيع ، تنشط أثناء بكتيريا حمض الخليك لاكتوباسلس بلانتارم ولاكتوباسلس بريفس وبديوكوكس سريفيسيا *Pediococcus cerevisiae* ويتكون حمض لاكتيك بنسبة 0.6 – 1.0 % ، ترفع بعدها النباتات المخللة من المحلول الملحى وتوضع فى خل أو فى حمض لاكتيك أو فى خليط منهما مع بهارات.

الكاسافا : الكاسافا cassava نبات إستوائى شجيرى ، يكون جذور درنية نشوية ، واسع الانتشار بين دول أمريكا الجنوبية والوسطى وغرب إفريقيا. درناته الجذرية كبيرة غير متفرعة غالباً ، وقطرها فى المتوسط عشرة سنتيمترات وطولها حوالى نصف متر ، وأحياناً تكون متفرعة وتصل فى الطول إلى متر. الدرنات معرضة للفساد السريع عقب الجمع ، لهذا فإنها تقشر ثم تقطع إلى شرائح ثم تجفف. تحتوى الدرنات الطازجة على 64 % ماء و 34 % مواد كربوايدراتية وأقل من ٢ % بروتين ، مما يعرض الأهالى الذين يعتمدون على الكاسافا كغذاء رئيسى لسوء التغذية الناتج عن النقص الشديد فى البروتينات ، كما هو الحال فى بعض الدول الأفريقية الفقيرة مثل زامبيا. ولرفع قيمة الكاسافا الغذائية يضاف إلى طحين الكاسافا ملح أمونيوم ثم يلقح الطحين بفطر ريزويس *Rhizopus* spp. الذى يتغذى على الأمونيوم مع بعض مكونات الدرنات فينتج عن ذلك مواد بروتينية تحسن من القيمة الغذائية للمنتج.

الكاكاو والشيكولاته : يصنع الكاكاو cocoa والشيكولاته chocolate من ثمار شجر الكاكاو بتخميره بفعل عدد من الكائنات الدقيقة فيحدث التخمر أولاً بفعل الخميرة ثم بفعل بكتيريا حمض اللاكتيك وبكتيريا الخل. والتخمير بفعل هذه الكائنات ضرورى لإعطاء المنتج النهائى النكهة الخاصة به. بعد تمام التخمر المطلوب تجفف وتسخن وتصنع.