الفصل الثانى عشر

تصنيع الحبوب الغذائية
للأغراض غير الغذائية

تستخدم الحبوب الغذائية Cereals فى الصناعة لإنتاج الدقيق والنشا والبروتينات ، وهذه بدورها تستخدم صناعياً فى مجالات متعددة اعتماداً على بعض خواصها وخاصة خواص النشا . وعلى سبيل المثال ، تقدر كمية النشا التى تنتج فى الولايات المتحدة الأمريكية سنوياً بحوالى ٣,٦ بليون رطل وكمية الدقيق المستخدمة فى الصناعة فى نفس الدولة فى صورة موادلاصقة أو رابطة مهلّمة بحوالى نصف بليون رطل . وهذا يعنى أن الحبوب الغذائية التى كانت تزرع أساساً لتستهلك كغذاء آدمى أصبحت الآن تستخدم بكفاءة فى مجالات أخرى صناعية خارج نطاق مجالها الغذائى الأساسى . وهـذه الخامات تنافس البتروكيماويات Petrochemicals .

ومن الأمثلة الحية للمكانة التى تبوأتها الحبوب الغذائية فى الصناعة استعمال الطرق الحيوية microbial لإنتاج السكريات المعقدة من النشا وإنتاج الدكستروز ثم تحويل المواد الناتجة إلى مركبات معقدة Polymers ذات تركيب آخر يجعلها صالحة للاستخدام فى مجالات أخرى . كذلك باستخدام وسائل علمية أخرى أمكن تغيير خواص النشا بدون إحداث تغيير كبير فى جزئ النشا . وقد وجدت النشا طريقها إلى صناعة المطاط فمن مشتقات النشا ما يعرف باسم xanthide derivatives وهذا المشتق النشوى ينافس الكربون الأسود carbon black الآن فى صناعة الكاوتشوك كمادة rubber rein Forcers ويمتاز على الكربون بإعطاء مطاط translucent بدلا من opaque . كذلك تفوق زانثيد النشا فى صناعة مسحوق المطاط .

وبديهى أن النواحى الاقتصادية هى التى تحدد قيام صناعات جديدة معينة تستخدم الحبوب الغذائية أو بعض مكوناتها . وحالياً أصبحت صناعة النشا ، وخاصة نشا الذرة ، راسخة ومتينة اقتصادياً — لكنه مازالت هناك دراسات اقتصادية منصبة على إمكانية استخدام النشا أو بعض المكونات الأخرى كخامات فى صناعات أخرى جديدة . وأحد الاتجاهات الهامة فى هذه الدراسات هو استخدام الحبوب الغذائية أو مخلفاتها كمصادر للطاقة energy فى إدارة المصانع فتخفف من وطأة استنفاذ الفحم والبترول والاتجاه الثانى منصب على استخدام الحبوب الغذائية ومخلفاتها الزراعية ومنتجات تصنيعها الرئيسية والثانوية فى إنتاج المزيد من الطعام وعلف الحيوان والمنتجات الصناعية بل وأنواع جديدة من الأطعمة . وليكن معلوماً أن الاستخدامات الصناعية industrial uses يقصد بها استخدام الحبوب الغذائية فى أى غرض بخلاف استخدامها كطعام أو كعلف وفقاً للتعريف الدولى . إلا أن هذا التحديد تكتنفه صعوبات ، فالاصطلاح « استخدام صناعى » ينطبق على المشروبات المقطرة والخمرة التى هى بدورها طعام، وكذلك على صناعة التخمرات تنتج المضادات الحيوية والفيتامينات وبعض العقاقير مع أن هذه الناتجات تدخل فى نطاق الطعام . وبديهى أن الإصطلاح ينطبق تماماً على استخدام الحبوب الغذائية فى صناعات الورق والنسيج ومواد اللصق .

النواحى الاقتصادية فى الاستخدامات الصناعية للحبوب :

أولا — مخلفات الحبوب الغذائية :

ما يزال العالم ينظر إلى مخلفات الحبوب الغذائية من سيقان Stalk وخلافه باعتبارها مواداً عديمة النفع ،وانها تكلف المزارع نفقات للتخلص منها . هذه المواد تستخدم فى عمل فرشة بحظائر الحيوانات ، وفى الحدائق

وكسماد عضوى ، كما تستخدم قوالح الذرة فى صناعة الورق وفى عمل مواد لاصقة وتدخل فى صناعة مواد التنظيف والتلميع والعزل ومساحيق التجميل وفى صناعة الفورفورال Furfural . وهذه الكمية من قوالح الذرة وسيقان نباتات الحبوب كبيرة جداً تفوق كميات الحبوب ذاتها . والمعتقد الآن أن التخلص من مخلفات الحبوب cereal waste لا يعتبر خسارة مادية فحسب ، بل إنها تلوث مياه الشرب بدرجة أكبر من الروث الخام لأن الأوكسيجين الحيوى المتطلب B.O.D. لها أكبر بكثير منه للروث .

ثانيا — الحبوب الغذائية :

ستخدم القمح والأرز والجودار فى تغذية الإنسان ولذا تسمى هـذه الحبوب باسم حبوب الغذاء Food grains ، أما الذرة والشعير والزمير والسورجم فتزرع أساساً لتستخدم كعلف ولذا تعرف باسم حبوب العلف Feed grains . وبما أن الولايات المتحدة الأمريكية تنتج قدراً كبيراً من المحصول العالمى للحبوب فمن المفيد الوقوف على ظروف الإنتاج الأمريكى . فحبوب الغذاء يصدر منها للخارج ٤٥,٦٪ ، ويستهلك فى تغذية الشعب الأمريكى ٣٥,٩٪ ، ويستبعد ١٣,١٪ لعدم صلاحيتها لتغذية الإنسان فتعطى للحيوانات ويحتجز ٤,٤٠٪ للتقاوى ، ويخمر منها ٠,٩٪ ، للحصول على مشروبات روحية ومشروبات مخمرة ، ويصنع ٠,١٪ فى أغراض غير غذائية . أما حبوب العلف فيستنفذ منها فى تغذية الحيوان ٧٩,٠٪ ويصدر ١١,٦٪ ، ويدخل ٣,٨٪ فى مجال تغذية الإنسان ، ويقطر ويخمر ٢,٨٪ للحصول على مشروبات روحية وسوائل مخمرة ، ويصنع ١,٨٪ فى مجالات غير غذائية ، ويحفظ ١,٠٪ للتقاوى . فالقدر الذى يصنع فى أغراض غير غذائية ضئيل حتماً وهو يقرب من ١٢٠ مليون بوشل من حبوب العلف ومعها ١,٥ مليون بوشل من حبوب الطعام . وتبلغ كمية نشا

الحبوب الغذائية المستخدمة فى صناعة الورق ٢,٧ بليون رطل ، وكمية النشا المستخدمة فى صناعة النسيج ٠,٣ — ٠,٤ بليون رطل متضمنة الجزء المستخدم فى صناعات أخرى مثل مواد البناء ومواد الحفر ومواد اللصق والمفرقعات والعقاقير وتنقية المعادن والمغاسل . وتمثل نشا الذرة المستخرجة بطريقة الطحن الرطب ٩٢٪ من الإنتاج الكلى للنشا المستخدمة صناعياً أو ٩٦٪ من نشا الحبوب الغذائية ، مع ملاحظة أن صناعة الورق تمتص منها ٧٨٪ . والمصدر الآخر للنشا هو التابيوكا والبطاطس إلا أن هذا المصدر لا يعتبر منافساً . ولكن نشا الحبوب تتعرض الآن لمنافسة بعض المواد المختلفة .

والشائع فى مصانع إستخراج النشا هو تحويل ٦٠ — ٦٥٪ من إنتاجها إلى عسل ذرة ودكستروز ، وهذان يستخدمان أساساً فى تغذية الإنسان بينما يدخل جزء صغير فى صناعة مواد أخرى مثل مواد اللصق ومركبات معاملة ميـــاه الغلايات والصبغات والحبر ومبيدات الآفات ودباغة الجلود وشموع الإحتراق والألياف الصناعية والنسيج والطلاء الكهربائى . وبالإضافة لذلك يستخدم ٥٠٠ مليون رطل من منتجات الطحن الجاف للحبوب الغذائية فى أغراض صناعية غير غذائية .

والشائع هو توجيه الحبوب ذات النوعية الجيدة إلى صناعات الأطعمة بينما توجه الدرجات المنخفضة من الحبـــوب إلى الصناعات غير الغذائية . وبديهى أن هذا يتبعه تباين السعر . وبالنسبة لمواد اللصق بالذات فقد لوحظ قلة كفاءتها عن نظيرتها المستخرجة من مصادر أخرى بخـــلاف الحبوب الغذائية فى حالة إستخدامها فى ماكينات التغليف الحديثة .

الخواص الطبيعية للحبوب الغذائية وأثرها فى التصنيع الغذائى :

١ — حجم الحبيبة :

المساحيق التى تفصل من الحبـــوب الغذائية ، ومن غيرها ، يمكن

تقسيمها حسب حجم الحبيبة particle size باستعمال المناخل إذا كان حجم الحبيبة يزيد عن ٥٠ ميكرومتر um ، أو بطريقة الترسيب sedimentation إذا كان الحجم أقل من ذلك كذلك حبيبات النشا يمكن فصلها إلى حجوم متباينة بطريقة التصنيف الهوائى air classification . وبالنسبة للحبوب ذاتها فأصغرها حبوب Tlef التى تحتل مكانة رئيسية فى تغذية الشعب الأثيوبى ، وأكبرها حبوب الذرة الشامية ، كما هو واضح من الجدول التالى :

	الطول مليمتر	العرض مليمتر	وزن الحبة ملليجرام	الكثافة Bulk D	كجم / م٣ Unit D
الجودار (الشيلم) Rye (Secale)	٤,٥ — ١٠	١,٥ — ٣,٥	٢١	٦٩٥	—
السورجم (ذرة رفيعة) Sorghum (Sorghum)	٣ — ٥	٢,٥ — ٤,٥	٢٣	١٣٦٠	—
الأرز الخام Paddy rice (Oriza)	٥ — ١٠	١,٥ — ٥	٢٧	٥٧٥ — ٦٠٠	١٣٧٠ — ١٤٠٠
زمير Oats(Avena)	٦ — ١٣	١ — ٤,٥	٣٢	٣٥٦ — ٥٢٠	١٣٦٠ — ١٣٩٠
قمح Wheat (Triticum)	٥ — ٨	٢,٥ — ٤,٥	٣٧	٧٩٠ - ٨٢٥	١٤٠٠ — ١٤٣٥
الشعير Barley (Hordeum)	٨ — ١٤	١ — ٤,٥	٣٧	٥٨٠ — ٦٦٠	١٣٩٠ — ١٤٠٠

الذرة Maize (Zea)	٨ – ١٧	٥ – ١٥	٢٨٥	٧٤٥	١٣١٠
درة ملت Bullrush millet (Pennisetum)	٣ – ٤	٢ – ٣	١١	٧٦٠	١٣٢٢
أرز برى Wild rice (Zizania)	٨ – ٢٠	٠,٥ – ٢	٢٢	٣٨٨ – ٧٧٥	–
حبوب تف T'ef (Eragrostis)	١ – ١,٥	٠,٥ – ١	٠,٣	٨٨٠	–
حبوب فندى Findi (D i gitaris)	١	١ – ١,٥	٠,٤	٧٩٠	–
حبوب Finger millet (Elusine)	١,٥	١,٥	–	–	–

والحجوم ذات أهمية فى التصنيع . فعلى سبيل المثال لوحظ أنه كلما زاد حجم حبيبات الدقيق أو السميذ كلما انخفضت سرعة امتصاص الماء أثناء إجراء عملية العجن . ولكن الحجم الأكبر يجعل انسياب flow كميات السميذ أكثر سهولة . وللتوفيق بين الميزتين ابتكرت طريقة تحويل الدقيق إلى صورة مجمعة agglomerated flours ، وهذه الصورة تختلف عن الدقيق المعروف باسم supersifted flours الذى يمثل مشتقات fractions من الدقيق ذات حجوم متقاربة أمكن الحصول عليها بمعاملة الدقيق بالهواء air classification ، وهى عادة ذات حبيبات كبيرة الحجم coarse .

وحبيبات النشا المستخرجة من مصادر متعددة تتباين فى حجومها كما هو واضح مما يلى .

نشا ذرة Amylomaize	٢٥	ميكرومتر um
نشا ذرة شمعية waxy maize	١٥	»
نشا ذرة شامية zeamags	٣٠	»
نشا شعير	٢٠	»
نشا زمير	٢٥	»
نشا قمح	٣٠	»
نشا أرز	٥	»

٢ ــ الكثافة والقوة :

يقصد بالكثافة density كتلة وحدة الحجوم ، أما القوة strength فهى خاصية المادة التى تؤهلها لمقاومة التمزق rupture أو تغير الشكل extensive de formation . وكثافة الحبوب الغذائية منخفضة نوعاً ، وتكون الردة والقصلة والسيقان أكثر انخفاضاً . وبالإنتفاش pnpping or

puffing تنخفض الكثافة bulk density مرة أخرى إلى ما يقرب من النصف . وتؤثر كل من الكثافة والقوة فى كفاءة عملية طحن الحبوب ، فالقوة تؤثر فى حصيلة السميد semolina من الحبوب . أما صلابة hardness الحبوب فتتعلقة بمقدار الطاقة power المستنفذة فى الطحن . وبمعاملة حبوب الأرز الخام بالحرارة parboiling تزداد قوة toughen الحبوب وترفع بالتالى نسبة تصافى الأرز الأبيض بمقدار ٢ — ٣ ٪ .

٣ — التوصيل الحرارى :

الحبوب الغذائية رديئة التوصيل للحرارة ، ولهذا فأثناء التخزين لا تتسرب الحرارة للخارج بسهولة مما يعرض الحبوب للاحتراق الذاتى spontaneous ignition . وكثيراً ما تستعمل الردة وبعض منتجات الحبوب كمادة عازلة حرارياً .

٤ — الاحتراق :

بعض منتجات الحبوب ومخلفاتها ، مثل السرس وأغلفة الزمير ، قابلة للاحتراق ولذا فهى تستعمل فى توليد الطاقة الحرارية أحياناً . فأغلفة الزمير على سبيل المثال تعطى ٧٤٤٥ وحدة حرارة بريطانية لكل رطل .

وغبار الحبوب كثيراً ما يتعرض للاشتعال ، وهذا أحد مخاطر صوامع الغلال .

٥ — الخواص الكهربائية :

الحبوب الغذائية ومنتجاتها ضعيفة التوصيل الكهربائى عندما تكون جافة نسبياً . ويمكن تقدير نسبة الرطوبة بها بواسطة أجهزة تقيس التوصيل الكهربائى ، فيقاس الثابت dielectric constant . وفى حالة ترطيب الحبوب بالماء تزداد القدرة على التوصيل الكهربى .

٦ – امتصاص الماء :

علاقة رطوبة الحبوب بدرجة الحرارة ذات أهمية بالغة فى عملية تكييف الحبوب لإعدادها للطحن . ونسبة الرطوبة فى الحبوب ومنتجاتها ذات أثر واضح فى العائد الاقتصادى نظراً لأن الماء أرخص ثمناً من الحبوب ذاتها .

ومن الجائز وجود عينات من الحبوب متباينة فى محتواها الرطوبى برغم وجودها معاً عند درجة رطوبة نسبية relative humidity موحدة .

وأدمصاص adsorption الرطوبة أو خروجها deser ption يؤثر فى صفات الحبوب ومنتجاتها . فالمنتجات غير الغذائية منها مواد اللصق adhesives التى تنخفض درجة جودتها بامتصاصها رطوبة ، ومنها مواد البناء مثل fibre ol blasterpoard التى يضعف كيانها بامتصاص الرطوبة .

٧ – التجميع :

تستخدم بعض منتجات الحبوب الغذائية كمواد مجمعة flocculant فى بعض العمليات الهامة مثل تنقية المياه وترويق البيرة . ويجرى على الدقيق اختبار يعرف باسم اختبار زلنى zeleny sedinentation test يتضمن تجميعاً flaccu lation حيث يوضع معلق slurry العينة ، المحتوى وغير المحتوى على مادة مجمعة ، فى مخبار مدرج ويرج المخبار ويترك للترسيب وتسجيل سرعة الترسيب Settling rate لتكوين فكرة عن نوعية quality الجلوتين وعن درجة صلابة hardness الحبوب التى هى فى الواقع متعلقة بكمية ونوعية الجلوتين . ومن منتجات الحبوب المستخدمة كمواد مجمعة النشا المعدلة modified starch والنشا غير المعدلة أيضاً ،

وهى معروفة كمجمعات فى مجال تنقية المعادن كخام الحديد والبوكسيت bauxite والكوارتز quartz والفوسفات والفلورسبار fluorspar .

٨ – الالتصاق :

تستخدم كميات كبيرة من منتجات الحبوب الغذائية فى صناعة مواد اللصق adhesives ، وهذا مستمر فى وقتنا الحاضر برغم ابتكار مركبات مخلقة معملياً تفوق منتجات الحبوب فى جودتها من هذه الوجهة . ويعزى ذلك إلى انخفاض أثمان مواد اللصق المحضرة من منتجات الحبوب .

٩ – اللزوجة :

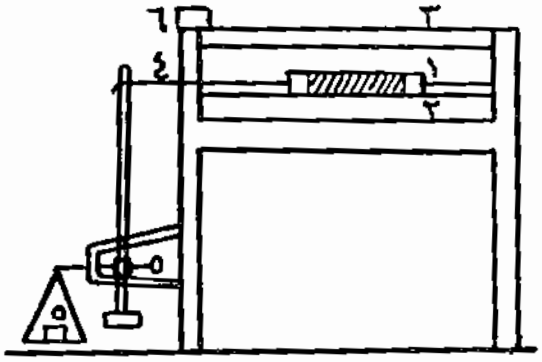
تستخدم نشا الحبوب الغذائية فى تعديل لزوجة viscosity المحاليل فى الصناعات الغذائية وفى صناعات الورق ومواد اللصق والنسيج . وعندما يسخن معلق النشا الخفيف أو يعامل بالقلويات تنتفخ حبيبات النشا ثم تنفجر وتنطلق الكربوهيدرات المعقدة . أما إذا كان المعلق مركزاً بقدر كاف فيتكون جل viso-elastic gel عند تبريده بعد معاملته . وهذا الجل تتفاوت قوته تبعاً لمصدر النشا وحجم الحبيبة والحموضة الفعلية ووجود الألكتروليتات ودرجة الحرارة والتركيز .

وتختبر لزوجة النشا باستخدام العديد من الأجهزة ، مثل فسكوجراف برابندر و فسكومتر بروكفيلد وجميع أنواع أجهزة efflux cups .

وللزوجة والمطاطية visco-elastic pfoperties أهمية بالغة فى صناعة الخبيز وفى استعمالات الحلوتين . ولهذا يحلل الدقيق من هذه الوجهة rheological dough analysis باستخدام الاكستنسومتر Mercury bath extensometer الذى ابتكره شوفيلد وسكوت بلير Schofield and Scott-Blair عام ١٩٣٢ . ففى هذا الجهاز توضع أسطوانة عجين على سطح الزئبق وتشد Stretched باستخدام أثقال وتقاس الزيادة فى الطول

بواسطة مسطرة ، وبعد فترة محددة من الزمن يحرق الخيط المتصل بالثقل فتعود العجينة إلى الانكماش .

وفى الوقت الحاضر أصبحت أجهزة قياس الخواص الريولوجية جزءاً من خطوط التصنيع ذاتها ، خاصة فى الطريقة المستمرة لصناعة الخبز contin-uous bread process وفى طريقة كورليوود Chorleywood process :



١ — أسطوانة العجين . ٢ — زئبق . ٣ — غطاء زجاجى .
٤ — خيط الثقل . ٥ — الثقل . ٦ — القفل .
اكستنسومتر حمام الزئبق .

الاستخدامات الصناعية لبروتينات الحبوب :

تعتبر نسبة البروتين فى الحبوب الغذائية منخفضة مقارنة بنظيرتها فى البقوليات والبذور الزيتية ، ولهذا فالإقبال عليها فى التصنيع كمصدر للبروتين ليس كبيراً . فالنسبة المئوية للبروتين ، فى الحبوب والبذور المحتوية على ١٣٫٥ ٪ رطوبة ، تبلغ ١٣٫٧ فى القمح الربيعى الأحمر الصلب ، ١٣٫٨ فى قمح الديورم (الذكر) ، ١١٫٣ فى الزمير ، ١١٫٥ فى الشعير ، ١٢٫٠ فى الجودار ، ٨٫٥ فى الذرة — بينما هى ٥٠٫٩ — ٥٢٫٥ فى فول الصويا المقشور ، ٤٠٫٤ — ٤١٫٥ فى rapeseed ، ٤٠٫٢ — ٤٢٫٣ فى flax ، ٥٠٫٥ — ٥٨٫٣ فى حبوب عباد الشمس المقشورة ، ٤١٫٩ — ٤٦٫٦ فى

بذور الخردل mustard ، وهذه جميعها بذور زيتية — وفى البقوليات تكون النسبة ٢٢ فى البسلة ، أى فى الفاصوليا الجافة ، ٢٤ — ٣٣ فى الفول البلدى horsebeans .

وبروتينات اندوسبرم الحبوب الغذائية ،وخاصة القمح ، يستفاد منها فى تغذية الإنسان ، بينما بروتينات الجنين وخلايا الأليرون والبريكارب ما زالت لم تستغل جيداً فى التصنيع مع أن الأنسجة المحتوية عليها تفصل فى عملية طحن الغلال .

فجنين القمح به ٢٩ ٪ بروتين و ١٠٪ ليبيدات ، ومعظم هذا البروتين قابل للذوبان فى محلول ملحى مخفف ولذا يمكن استخلاص ٨٦,٣٪ منه بواسطة محلول كلوريد صوديوم تركيزه ٥ ٪ . ويمتاز بروتين الجنين على بروتين الأندوسبرم باحتوائه على كميات أكبر من الأرجينين والهستيدين والليسين والميثونين والثريونين والفالين ، وهذا يعنى أن بروتينات الجنين ذات قيمة غذائية عالية . إلا أنه يعاب على بروتينات الجنين وجود عامل مضاد للتربسين antitrypsin factors وكذلك hemagglutination ، ولذا فمن المتوقع ظهور أعراض مرضية غذائية على حيوانات التجارب . ومن الممكن إتلاف هذين العاملين الضارين بالحرارة بشرط تحاشى إتلاف الليسين ، كأن تعامل الخامات على درجة ١٢١° مئوية لمدة ٢٠ دقيقة فى الأوتوكلاف . وقد ثبت أن عامل agglwtination عبارة عن جليكو بروتين وزنه الجزيئى ٢٣٥٠٠ وبه ٤,٥ ٪ كربوهيدرات تنتج بالتحليل المائى جلوكود أساساً . والجزء البروتينى به نسبة مرتفعة من السستين والجايسين وحمض الأسبرتيك وحمض الجلوتاميك . وينتمى أجلوتنين agglutinin جنين القمح إلى مجموعة الأجلوتينينات النباتية plant phytohemagglutinins (lectins)

ذات الأثر السام والتى تستخدم فى بحوث السرطان والدم ، وبعضها يسبب عدم الإخصاب فى بعض الثدييات .

وبروتين الردة (النخالة) يتركز معظمه فى خلايا الأليرون . فهذه الخلايا بها حوالى ٢٠٪ من بروتين حبة القمح أو ٩٠٪ من بروتين النخالة . وتتمركز بروتينات الأليرون فى أجسام تعرف باسم aleurone bodies or grains يمكن رؤيتها بالميكروسكوب العادى وبالميكروسكوب الألكترونى ، وأساسها جلوبويد globoid مكون من فيتين phytin أى مخلوط أملاح بوتاسيوم ومغنسيوم للإينوزيتول سداسى الفوسفات myo-inositol hexaphosphate يحيطه غلاف بروتينى غير قابل للذوبان فى الماء أو محلول كلوريد الصوديوم ١٠ ٪ أو الإيثانول ٥٠ ٪ أو محلول إيدروكسيد البوتاسيوم ١ ٪ ، لكنه يذوب ببطء فى محلول كلوريد الأمونيوم أو فوسفات الصوديوم أو الأحماض القوية . وهذا البروتين ترتفع به نسبة الأحماض الأمينية القاعدية الليسين والهستيدين والأرجنين . وجسيمات الأليرون تكتسب لوناً أحمراً عند صبغها بأزرق التكويدين toluidine blue . وقد تظهر جسيمات أخرى بلون أخضر ، وهذه عبارة عن جسيمات بروتينية كربوهيدراتية . وتستخلص بروتينات الردة بطرق متعددة منها المحاليل القلوية ذات الحموضة الفعلية من ٦,٥ إلى ١٢,٥ ، والترسيب isoelec tric precipitation عند pH ٣ — ٧ . وأفضل درجة حرارة للاستخلاص هى ٢٣° م ، وأفضل pH هو ١٠,٥ — ١١,٥ ، وأفضل نسبة بين المذيب والنخالة هى ١٠ : ١ . أما المذيبات الحمضية ، مثل حامض الكلوردريك بتركيز ٠,١ — ٠,٢٥ ٪ وحمض الكبريتيك ٢ ٪ ، فتذيب قدراً من البروتينات أقل نسبياً لا يتجاوز حوالى ٣٥ ٪ .

وتحتوى خلايا الأليرون على إنزيمات عديدة ، تكونت أثناء إنبات

الحبوب . وأهمها الألفا أميليز والألفا جليكوزيديز (مالتيز) والبروتييز والداى ببتيديز والإستريز والفيتيز وردكتيز النتريت .

وبروتينات الإندوسبرم تختلف نسبها فى الطبقات المختلفة ، فهى ٦,٢ ٪ فى مركز الإندوسبرم ، ٨,٨ ٪ فى الطبقة الوسطية من الاندوسبرم ، ١٣,٧ ٪ فى طبقة الاندوسبرم الملاصقة لخلايا الأليرون .

وتفصل بروتينات الإندوسبرم بطرق متعددة ، بعضها جاف dry مثل طريقة التصنيف الهوائى air classification وطريقة الطفو solvent flotation ، وبعضها رطب wet مثل طريقة أوزبورن Osborne التى ما تزال تستخدم حتى الآن . فطريقة التصنيف الهوائى تعتمد على تباين حجم وكثافة الحبيبات ، وتكون الأقسام الناتجة متباينة فى محتـــواها البروتينى كما هو واضح فى المثالين التاليين :

القسم	قمح صلب		قمح لين	
	حجم الحبيبة بالميكرومتر	البروتين ٪ (ن × ٥,٧)	حجم الحبيبة بالميكرومتر	البروتين ٪ (ن × ٥,٧)
دقيق	٢٣,٢	١٣,٨	١٢,٠	٧,٨
قسم ا	٤,٣	٢٠,٣	٣,٨	٢٢,٢
» ب	٥,٢	١٨,٧	٤,٣	٢٠,٠
» حـ	٩,٦	١٠,٣	٨,١	١٠,٠
» د	١٤,٦	٨,٨	١٤,٤	٣,١
» هـ	١٧,٠	١٢,٤	١٦,٤	٢,٥
» و	١٩,٥	١٤,٥	١٦,٥	٣,٣
» ز	٣٠,٠	١٤,٢	٢٣,٠	٨,٦

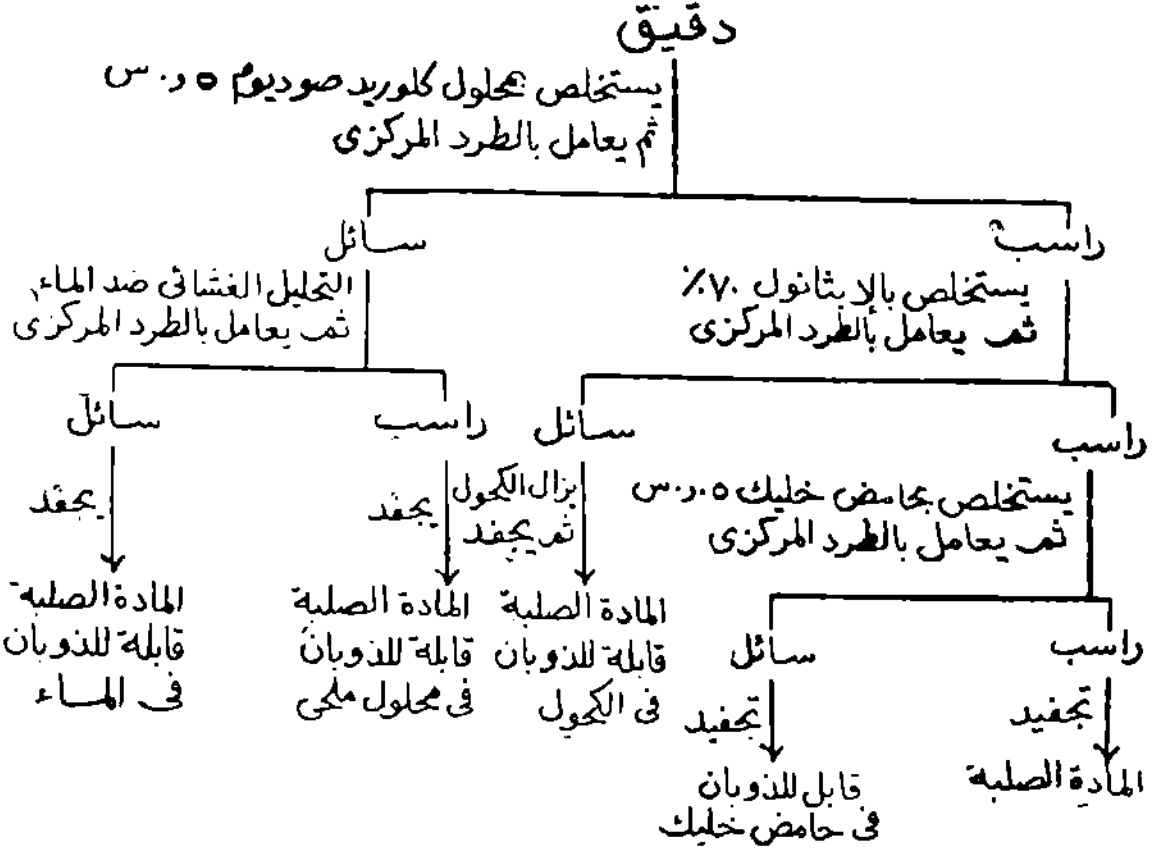
ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار أن البروتينات فى الأقسام المختلفة تتباين كثيراً فى طبيعتها . فالقسم ذو النسبة المنخفضة من البروتين ترتفع فيه نسبة البروتينات القابلة للذوبان فى الماء مقارناً ببروتين الدقيق الأصلى قبل تصنيفه . أما القسم ذو نسبة البروتين المرتفعة فيكون غنياً بالجليادين والجلوتنين الذين منهما يتكون الجلوتين أساساً .

وطريقة الطفو التى ابتكرها Hess تعتمد على تباين كثافة الحبيبات . ويراعى فى هذه الطريقة استخدام مذيب لا مائى anhydrous solvent لضمان بقاء البروتين غير مبتل وكذلك عدم تكون الجلوتين . والمذيبات الشائع استخدامها هى الكلوروفورم ورابع كلوريد الكربون ورابع كلورو إيثيلين مع ضبط الكثافة بين ١,٣١ ، ١,٥١ بإضافة الكمية المناسبة من البنزين benzene أو التلوين toluene . والمشاهد أن قطع البروتين ذات الكثافة ١,٣٠ تقريباً ترتفع فى مخاليط المذيبات ذات الكثافة ١,٣٢ — ١,٣٤ ، أما حبيبات النشا ذات الكثافة ١,٤٩ فتترسب فى مخاليط المذيبات ذات الكثافة ١,٤٧ — ١,٤٩ ، إلا أنها تطفو فى المخاليط ذات الكثافة ١,٥٢ بينما ترسب خلايا الأليرون ذات الكثافة ١,٥٢ — ١,٥٤ . ويؤخذ على هذه الطريقة أن النشا المنفصلة ما تزال تحتوى على ٣٪ بروتين شديد الإلتصاق بها ، كما أن البروتين المنفصل يحتوى على حبيبات نشا ، خاصة فى حالة الأقماح الصلبة ، بينما تكون نسبة الاختلاط أقل كثيراً فى حالة الأقماح اللينة . ومن الممكن إستخلاص حوالى ٩٠٪ من البروتينات الملتصقة على حبوب النشا المفصولة من الأقماح اللينة باستخدام الماء أو محلول ملحى لإذابتها حيث أنها البومينات وجلوبيولينات . والمستخلص فى هذه الحالة يحتوى على ٣٠٪ بروتينات وقليل من الألفا والبيتا أميليز بينما تكون البقية عبارة عن كربوهيدرات لو حللت مائياً تعطى جلوكوز وآثار من الأرابينوز والزيلوز .

والطرق الرطبة لفصل النشا عن الجلوتين تتمثل فى طريقة غسل الجلوتين وتجفيفه فيصبح جافاً جلدى اللون أو بنياً به ٧٥ – ٨٦٪ بروتين ، ١٠٪ ليبيدات ، ٣ – ٥٪ نشا ، ٠ – ٢٪ سكريات معقدة أخرى . ولا يحتوى الجلوتين الجاف على ألبومينات أو جلوبيولينات لأنها تزال بالغسيل أثناء استخراج الجلوتين . وهذا الجلوتين الجاف يحتوى على ليبيدات التصقت به بشدة أثناء تكوينه فى العجينة عند التحضير لغسل الجلوتين من الدقيق ، أما طريقة المذيبات سالفة الذكر فلا تترك ليبيدات مع البروتينات .

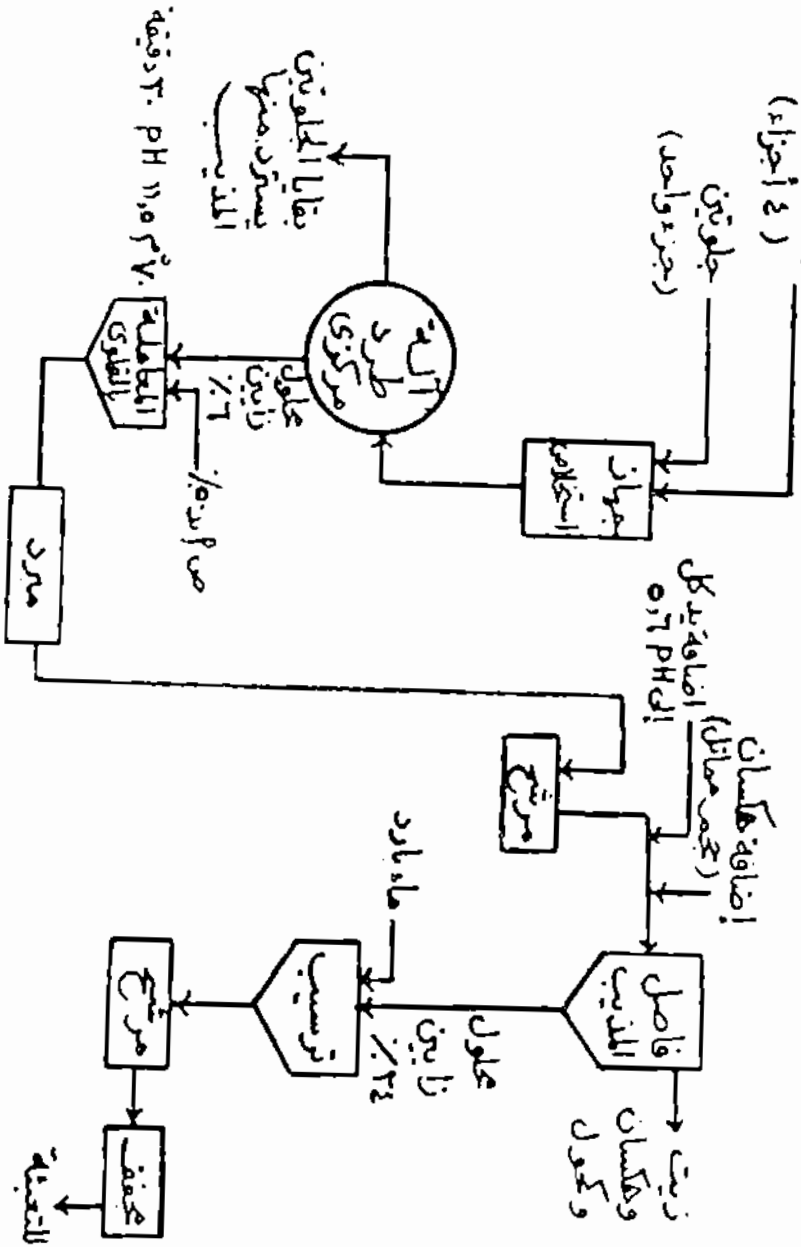
فبروتينات إندوسبرم الحبوب تفصل بالاستخلاص والتجزئ Extraction and Fractionation سواء كانت الطريقة differential solubility method أو total solubility method ، أو بأعمدة الكروماتوجراف Fractionation by column chromatographic methed ، أو بالألكتروفوريزس Fractionation and characterization by gel electrophoresis and electrofocusing.

وتوضح طريقة أوزبورن لفصل مكونات الدقيق بالشكل التالى :


دقيق
يستخلص بمحلول كلوريد صوديوم ٥ ٪ س
ثم يعامل بالطرد المركزى
راسب
يستخلص بالإيثانول ٧٠٪
ثم يعامل بالطرد المركزى
سائل
التحليل الغشائى ضد الماء
ثم يعامل بالطرد المركزى
راسب
يستخلص بحامض خليك ٠٫٥ ٪ س
ثم يعامل بالطرد المركزى
سائل
يزال الكحول
ثم يجفد
راسب
يجفد
سائل
يجفد
راسب
تجفيد
سائل
تجفيد
المادة الصلبة
قابلة للذوبان
فى الكحول
المادة الصلبة
قابلة للذوبان
فى محلول ملحى
المادة الصلبة
قابلة للذوبان
فى الماء
المادة الصلبة
قابل للذوبان
فى حامض خليك

وتعامل بروتينات الحبوب بطرق كيميائية chemical modi- fication ، مثل تعديل مجاميع الأميد والكربوكسيل والمعاملة بهاليدات الحامض acylation والمعاملة بالهيدرازين hydrazine واستبدال الأميد بمجموعة أمين أولى كتفاعل هوفمان Hoffman degradation reaction والتحليل المائى للروابط الببتيدية للحصول على مشتقات معينة والإذابة فى مذيب يحتوى على ٦٠ ٪ إيثانول ، و ٢٠ ٪ حمض لكتيك و ٢٠ ٪ ماء للحصول على مادة بلاستيك plastic films ، وأكسدة أو اختزال بعض مكونات البروتين مع الاستفادة من الرابطة الكبريتية كب — كب للحصول على مواد تختلف فى وزنها الجزيئى ودرجة الذوبان والمطاطية وتحمل الخلط mixing نتيجة لهذه التفاعلات cross-linking reaetions . وهذه المعاملات جميعها تعطى مشتقات ذات فوائد صناعية جمة . وقد تجرى المعاملات إنزيمياً enzymic modi fication ، أو بواسطة التحليل المائى الحمضى المعتدل ، وبكلى الطريقتين معاً لتحسين الصفات الطبيعية والغذائية دون أن يؤثر ذلك فى اللون والطعم والرائحة والقيمة الغذائية . وبهذه المعاملات يمكن الحصول على بدائل اللـــبن milk substitutes ومواد تستخدم فى صناعة الورق . والأنزيمات البروتيوليتية الشائع استخدامها فى الأغراض الصناعية على بروتين وجلوتين الحبوب الغذائية هى البيسين والحموضة الفعلية له ١,٩ ، والتربسين والحموضة الفعلية المناسبة ٧ — ٨ ، والكيموتربسين ، والبابين ويناسبه حموضة فعلية ٥,٥ ، والبروتيز pronase .

ويستخرج الزايين zein من جلوتين الذرة بطريقة موضحة فى الشكل التالى ليستخدم كمادة رابطة وفى التغطية كما هو الحال عند تحضير مخلوط أرز مدعم بالفيتامينات ويدخل الزايين فى تحضير بعض أنواع الحبر ink وفى صناعة بعض أقراص العقاقير :



الاستخدامات الصناعية لنشا الحبوب :

استخدمت النشا فى الأغراض الصناعية غير الغذائية منذ أمد بعيد ، فقد استخدمها قدماء المصريين فى صناعة مـــواد اللصق ، واستخدمها

الصينيون فى صناعة الورق حوالى عام ٣٠٠ قبل الميلاد ، واستخدمها الأوربيون فى تقوية الأقمشة خلال القرن الرابع عشر ، وزادت الأغراض التى تستخدم فيها النشا كثيراً خلال القرن الثامن عشر . وتعتبر النشا حالياً أحد الخامات الرئيسية فى صناعة الكيماويات فى العالم . ويعزى احتلالها لهذه المكانة المرموقة إلى وجودها بنسب موافقة فى كثير من النباتات المنتشرة فى العالم ، وإلى تباين صفات النشا المستخرجة من مصادر مختلفة الأمر الذى يحبذ استخدامها فى أغراض متباينة .

وتوجد النشا دائماً فى مصادرها الطبيعية فى صورة حبيبات granules ذات قطر يتراوح بين ٥ ، ١٠٠ ميكرون وذات شكل مميز بالنسبة لكل مصدر طبيعى كما هو واضح فى الشكل الآتى .

وجزئ النشا أساسه وحدة الجليكوبيرانوز D ، ويتكون من ٢٥ ٪ أميلوز مع ٧٥ ٪ أميلوبكتين ، إلا أن هذه النسبة تتفاوت فى نشا المصادر المختلفة فتكون فى النشا الشمعية waxy starches حوالى واحد فى المائة أميلوز فقط ، وتكون فى أنواع أخرى من النشا حوالى ٨٠ ٪ أميلوز . والأميلوبكتين وزنه الجزيئى قد يتجاوز المليون ، وهو كثير التشعب وكل

فرع من الشعب به حوالى ٢٠ ــ ٣٠ وحـدة جلوكوز ، والروابط الجليكوزيدية به عبارة عن ألفا ١ ــ ٤ مع ألفا ١ ــ ٦ . أما الأميلوز فستقيم السلسلة والروابط الجليكوزيدية به تكون ألفا ١ ــ ٤ فقط ، وطول السلسلة حوالى ٥٠٠ ــ ٦٠٠ وحدة جلوكوز ، ووزنه الجزيئى حوالى ١٠٠,٠٠٠ .

ولا يتخلق الأميلوبكتين فى مصادره الطبيعيـة من الأميلوز ، لكنه يتخلق من سلاسل مالتو دكسترينات malto dextrins قصـيرة بتأثير نشاط إنزيم كيو Q-enzyme ويتدخل فى العملية إنزيم الفوسفوريليز أيضاً . ومن الإنزيمات التى اكتشفت حديثاً عام ١٩٦١ إنزيم جليكوزيل ترانسفيريز ADPG-glucosyl trans ferase الذى يساعد على إضافة وحدة ADP-Glucose إلى السلسلة لكنه يعجز عن تكوين مركب معقد polymer مرتفع الوزن الجزيئى من مركب معقـد منخفض الوزن الجزيئى . وهذا الإنزيم الأخير لم يعثر عليه فى النباتات التى تعطى نشا شمعية .

والتعديلات modi fications الممكن إدخالها على النشا قد تكون بطريقة التحليل المـائى الحمضى hydrolytic فيحصل على جلوكوز أو دكسترينات ، والأول يستعمل فى أغراض غذائية والثانية فى أغراض اللصق . وقد يجرى التحليل المائى بالإنزيمات للحصول على دكسترينات مثل Schardinger dextrinsor cycloanyloses ، وللحصـول على دكستروز . ومن وسائل التعديل أيضاً المعاملة بالكلور أو بالهيبوكلوريت بقصد التبييض أو الأكسدة فهذه المعاملة تؤدى إلى خفض درجة حرارة التجلتن geleltinization temperatnes وأكسـدة بعض المجاميـع الإيدروكسيلية . ومن وسائل التعديل الكيميائية الأسترة esterification و etherification والتفاعل مع أيون فوق الأيودات periodate ion الذى يكسر الرابطة بين ذرتى كربون متجاورتين ومرتبطتين بمجموعتى إيدروكسيل منتجاً الدهيدين .

ويعزى تغلغل النشا فى الأغراض الصناعية المتنوعة ، سواء أكانت نشا معدلة modified أو غير معدلة unmodified إلى انخفاض ثمنها وإمكان تحويلها إلى مشتقات derivatized وإمكان تصغير جزيئها depolymerized وسهولة إحداث تغيرات واضحة فى خواصها باستخدام معاملات وتفاعلات معتدلة. فالنشا تعامل بالحامض acid-modified أو تصغر جزيئاتها للحصول على نشا رقيقية thin-boiling starches ذات قوة جيلية gelling power أكبر منها للنشا غير المعدلة ، كما أن رقم الإنسياب fluidity number يكون أكبر . وتعرف القوة الجيلية بأنها نسبة لزوجة viscosity العجينة الباردة إلى لزوجة العجينة الساخنة . كما يعرف رقم الإنسياب بأنه عدد ملليترات محلول (محضر بإذابة خمسة جرامات من المادة المختبرة فى مائة ملليتر صودا كاوية تركيزها ٠,٩ ٪) التى تنساب من قمع معين خاص خلال سبعين ثانية على درجة ٢٥° مئوية .

ونشا الذرة مستخدمة بكثرة فى إنتاج الدكسترينات الثلاثة ، الأبيض والأصفر والصمغ البريطانى . فالدكسترين الأبيض يحضر بتسخين النشا ، فى وجود الماء ، تحت ظروف حمضية معتدلة على درجة حرارة تتراوح بين ٩٥ ، ١٢٠° م . أما الأصفر فيحضر بتسخين النشا ذات المحتوى الرطوبى المنخفض على درجة ١٥٠ — ١٩٠° م وتحت ظروف حمضية معتدلة . والصمغ البريطانى يحضر بتسخين النشا المحتوية على قليل جداً من الرطوبة على درجة ١٥٠ — ١٩٠° م فى وجود قدر ضئيل جداً من الحامض أو فى غياب الحامض .

وتحضر النشا المؤكسدة thin-boiling oxidized starch بمعاملة معلق النشا المائى الكثيف بمحلول هيبوكلوريت الصوديوم المحتوى على ٥ — ١٠٪ كلور available chlorine على درجة حرارة ٢١ — ٣٨° م ، وبانتهاء التفاعل يعادل المخلوط بالحامض أو بمحلول ثانى كبريتيت أو بإمرار ثانى

أكسيد كبريت لإتلاف الكمية المتبقية من المادة المؤكسدة وبعدها يخفف المخلوط بالماء ويرشح ويغسل الناتج على ورقة الترشيح بالماء ويجفف .

ومن نشا الذرة تحضر أيضاً نشا كاتيونية cationic starches لتستخدم فى صناعة الورق وكذلك نشا هيدروكسى إيثيلية hydroxyethy-lated starches ونشا محلتنة pregelatinized starch :

الاستخدامات الصناعية للكربوهيدرات غير النشوية :

المواد السكرية المعقدة polysaccharides غير النشوية فى الحبوب الغذائية هى السليلوز ، والهميسليلوز غير الذائب فى الماء ، والبنتوزانات القابلة للذوبان فى الماء ، والصموغ ، والبيتاجلوكانات B-glucans ، والجلوكو فركتانات gluco fructans ، واللجنين . وهذه البنتوزانات باستخلاصها بمزيج الكحول والبنزين (٢ : ١) واكسالات الأمونيوم من ردة القمح يكون المتبقى residue. بعد تبخير المذيب محتوياً على ٤٦ ٪ بنتوزانات مع ٥,٦ ٪ لجنين . بينما استخلاص الردة بالقلويات المخففة يعطى متبقياً به ٦٨ ٪ بنتوزانات مع ٣ ٪ لجنين . وبالتحليل المائى الحمضى ينتج أرابينوز وزيلوز أساساً مع قليل من الجلوكوز وحمض اليورونيك . وعموماً فالبنتوزانات فى الدقيق بعضها قابل والبعض غير قابل للذوبان فى الماء . وتطلق بعض المصطلحات على الريم الذى يعلو النشا بعد معاملة معلق الدقيق والماء بالطرد المركزى ، منها أميلو دكسترين squeegee و amylodextrin و tailings و sludge.

والصموغ الموجودة فى الحبوب الغذائية إذا حللت مائياً أعطت جلوكوز وأرابينوز وزيلوز أساساً مع قليل من حمض الجلكتورونيك والجلكتوز والمانوز .

والهيمسليلوزات فى الشعير تتعرض لتأثير خمسة إنزيمات أثناء مرحلة

الإنبات عند تحضير المولت ، وكلها تحلل الروابط البيتاجليكوزيدية . وهذه الإنزيمات منها اثنان بيتا – جليكوزيديز ، والثالث إنزيم إندو – بيتا – ١ ، ٤ – جلوكانير endo-B-1,4-glucandse ، والرابع إنزيم endo-barley-B-glucanase ، والخامس endo-B-1,3-glucanase.

وقد أمكن تقدير الوزن الجزيئى ودرجة البلمرة polymerization فى بعض بنتوزانات بعض الحبوب الغذائية وكانت كما يلى :

	الوزن الجزيئى	البلمرة
أرابينو زيلان الجودار	١٧٣٠٠٠	١٣١١
جلوكان الجودار	٦٤٢٠٠	٣٩٦
أرابينو زيلان القمح	٣٨٨٠٠	٢٩٤
جلوكان القمح	٣٣٧٠٠	٢٠٨
أرابينو زيلان الشعير	٥٨٨٠٠	٤٤٥
جلوكان الشعير	٥٥٨٠٠	٣٤٤
أرابينو زيلان الزمير	٢٤٢٠٠	٢٥٩
جلوكان الزمير	٢٦٨٠٠	١٦٥

وأهم استخدامات السليلوز الصناعية فى صناعة النسيج والورق والمفرقعات وخلات السلولوز ومشتقات السليلوز سواء الأسترات أو الإيثرات . والبنتوزانات تستخدم فى صناعة الفورفورال الذى يستخدم كمذيب وكمبيد حشرى وكمبيد فطرى ويدخل فى صناعة المواد البلاستيكية والورنيشات . ومن المحتمل أن تظهر مستقبلاً صلاحية هميسليلوزات قشور حبوب الذرة كمواد مكثفة للقوام thickeners ومواد لاصقة adhesives ومواد مثبتة stabiliers.

الاستخدامات الصناعية لليبيدات الحبوب :

تعتبر ليبيدات الحبوب الغـــذائية منافسة للشحم lard و tallow و tall oil. والصعوبة التى تحد من استخداماتها الصناعية هى وجودها فى هيئة خليط من الجليسريدات والأحماض الدهنية ؛ إلا أنه من السهل التغلب على هذه الصعوبة وفصل الأحماض الدهنية التى تستخدم حالياً فى العديد من الأغراض مثل صابون التواليت ، والكبريتات الكحولية alcohol sulfates ، ومركبات الأمونيوم quaternary ammonium compounhs المستخدمة كعوامل cationic sur factants ، ومشتقات الأحماض الدهنية المستخدمة كعوامل استحلاب ، ومواد الطلاء ، ومواد التشحيم ، ومعاملة الجلود ، ومبيدات الآفات .

ويستخرج من نخالة الأرز والسورجم شمع يقارب فى صفاته شمع كارنوبا carnauba wax.

وتدخل الأحماض الدهنية ومشتقاتها بدور هام فى صناعة المطاط المخلق ، حيث تؤدى وظيفة الاستحلاب . وهناك نوع من منتجات الكاوتشوك يدخل فيه زيت الذرة بنسبة ٠,٢ — ٧ ٪ .

وزيوت الحبوب تستخدم فى الصيدلة للاستفادة من قدرتها على الإذابة ولأنها تبطئ الامتصاص فتطول فترة الاستفادة من مفعول الدواء .

ويستفاد من زيوت الحبوب الغذائية فى تحضير عقار يحتوى على التوكوفيرول وفوسفاتيديل الكولين . ويعتبر رجيع الأرز أحد المصادر الغنية بهذين المركبين . وفى مجال الصيدلة تستخدم طرق كيميائية لتحويل البيتا — والجاما — والدلتا — توكوفيرولات إلى ألفا — توكو فيرول نظراً لأن صورة الألفا تمتاز على بقية الصور الأخرى من وجهة نشاطها

كفيتامين هـ E. ويستخرج من زيوت الأرز والشعير والذرة الخام مادة جاما – أوريزانول γ-oryzanol المستخدمة فى علاج autonomic nervous incoordination كذلك بإضافة زيت الذرة كمصدر كربونى بدلاً من مزيج اللكتوز والجلوكوز فى بيئة تحضير المضادات الحيوية ، وخاصة البنسلين ، يزداد محصول البنسلين الناتج . وفى مجال مستحضرات التجميل تستخدم الزيوت النباتية لتليين الجلد ، ويفضل فى هذا المجال زيوت جنين القمح وجنين الزمير . كذلك يستخدم زيت جنين الذرة وزيت جنين القمح المحتوى على ١٥ ٪ فوسفاتيديل كولين فى صناعة مستحلبات زيتية للشعر shampoos.

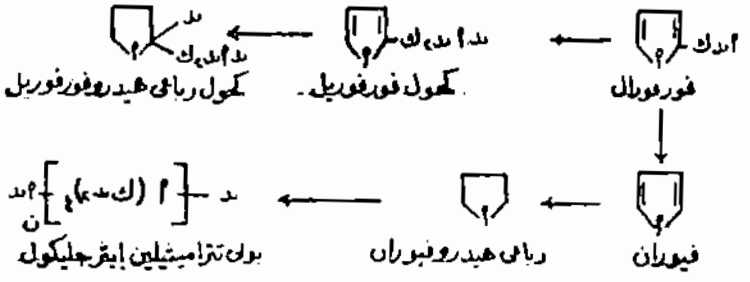
صناعة الفورفورال :

يمكن صناعة الفورفورال fur fural من معظم الخضراوات النباتية إلا أن توفر الخامات وثمنها وتكاليف تحويلها وقيمة منتجاتها الثانوية هى العوامل الاقتصادية التى تتحكم فى اختيار نوع معين من هذه الخامات . ولهذا فأهم الخامات المستخدمة حالياً لاستخراج الفورفورال هى قوالح الذرة وقشور الزمير ومصاص القصب وسرس الأرز ، فجميعها تعطى فورفورال بما يقرب من ٢٣ ٪ ، ٢٢ ٪ ، ١٧ ٪ ، ١٢٪ على التوالى . وهذا الفورفورال ينتج من البنتوزان الموجود فى المادة النباتية الخام والذى يحول إلى بنتوز ثم إلى فورفورال . وهذه الصناعة تدخل فى نطاق تحويل الحاصلات الزراعية إلى منتجات صناعية الذى أطلق عليه الاصطلاح chemurgy. والتحويل إلى فورفورال يتم فى عملية واحدة ، بعدها يفصل الفورفورال بالتقطير البخارى .

وأهمية المصادر النباتية فى التصنيع آخذة معرضة للتقلبات . فالكحول الصناعى على سبيل المثال موجود فى الغاز الطبيعى natural gas ولهذا فصناعة التخمر لإنتاج الكحول آخذة فى الإختفاء . والمثال الآخر

هو استخراج الجليسرول والأسيتون والبوتانول من البترول ، وهذا أدى إلى تجاهل إنتاج البوتانول من الذرة .

والفورفورال سائل عنبرى اللون amber-coloured يدخل فى تفاعلات عدة ويعطى ناتجات ذات أهمية اقتصادية، منها كحول الفورفوريل Furfuryl alcohol (FA) وكحول رباعى هيدروفورفوريل (THFA) Tetrahydrofur furyl alcohol ورباعى هيدروفيوران (THF) Tetra hydrofuran وبولى تترا ميثيلين إيثر جليكول (Polymeg) polytetramet hylene Ether Glycol.



ويدخل الفورفورال فى صناعة العديد من المواد الضرورية مثل غطاءات البلاستيك والمنسوجات ومواد لصق الأثاثات والمطهرات وكاوتش السيارات .

استخدام الحبوب ومخلفاتها كمصدر للطاقة الصناعية :

تتولى النباتات تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة مخزنة يمكن استخدامها صناعياً . والحبوب الغذائية بالذات تمد الإنسان بقدر ملموس من الطاقة ، يتراوح بين ٣٠ ٪ و ٧٠ ٪ . وهذا القدر كبير جداً إذا علمنا مقدار الطاقة التى يستنفدها الإنسان فى تغذيته فى العالم كله ، وهى على سبيل المثال ألف

ترليون وحدة حرارة بريطانية سنوياً لشعب الولايات المتحدة الأمريكية كغذاء foods ، وأضعاف هذا القدر فى صورة علف للحيوانات المستأنسة . وتمتاز النباتات كمصادر للطاقة عن البترول والغاز بأنها تتجدد سنوياً وليست عرضة للزوال بعكس البترول والغاز .

ويبلغ مقدار الطاقة المستمدة من فدان acre واحد من الذرة حوالى ١٠٧ مليون وحدة حرارة بريطانية ، منها خمسون تنتج من القوالح والقشور والعيدان ، بينما البقية تأتى من الحبوب .

وقوالح الذرة لها استعمالات عدة بجانب استخدامها كمصدر للطاقة الحرارية ، فهى تطحن وتستخدم كمادة حاملة carrier فى صناعة المبيدات الزراعية وكمادة مالئة فى صناعة بعض مواد التجميل والأسمدة وغيرها .

استعمال منتجات الطحن الجاف للذرة فى الأغراض الصناعية غير الغذائية :

تستخدم الذرة بصفة عامة فى إنتاج أطعمة الإفطار Brcakfast ، faods ومطحون الذرة cornmeal ، ومنتجات الطحن الرطب ، والكحول والمنتجات المتعلقة به ، وعلائق الحيوان livestock feed. وباستخدام طريقة الترطيب وفصل الأجنـــة Tempering–Degerming process يتحصل على، Coarse Grits ، Regular Grits ، Flaking Grits مطحون ذرة Corn Meals ، ودقيق ذرة Corn Flour ، وزيت ، Homing Feed ، Shrinkage. وبالطحن الجاف يتحصل على ناتجات علف حيوانى ، وأجزاء تستخدمها مصانع البيرة ، وأجزاء تصنع إلى أطعمة إفطـــار ، ومنتجات تدخل فى Ore refining ، Foundry ، ومواد البنـــاء Building materials ، و Charcoal briquettes ،

وصناعة التخمر ، و Drilling Fluids ، والورق ، وغير ذلك من منتجات غذائية وغير غذائية .

الاستخدامات الصناعية لذرة السورجم :

حبوب السورجم Sorghum grains تسمى أحيـانا Milo أو grain sorghum أو milo maize أو gyp corn أو grain أو kafir corn ، وجميعها أسماء مشتقة من أسماء الأصناف ذات الشهرة مثل kafir و milo و durra و shallu أما الإسم Cane فيدل على نباتات السورجم الطويلة الساق التى تزرع بقصد استعمالهـا كعلف forage أو لإنتاج العسل sgrup أو السكر . والإسم great millet يطلقه البريطانيون على ذرة السورجم ، بينما الإسم kaoliang متداول فى الصين . والأسماء Jowar و Juar و Cholam متداولة فى الهند وتعنى السورجم . والإسم guinea corn شائع فى غرب أفريقيا ، والإسم kafir هو المستخدم فى جنوب أفريقيا ، والإسم durra هو المستخدم فى السودان ، والإسم mtama هو المستخدم فى شرق إفريقيا . وأهم أصناف السورجم من الوجهة التجارية هو Sorghum bicolor (L.) Moench وهى تتبع العائلة النجيلية Gramineae والفصيلة Andropogoneae ، وتقسم إلى أربعة أقسام هى :

حبوب ذرة السورجم grain sorghum ، والذرة السكرية أو ذرة العلف forage orsweet sorghums ، والذرة النجيلية grassy sorghum وذرة المكانس broom-corn.

وتحتل السورجم المركز الرابع بين محاصيل الحبوب الغذائية الهامة فى العالم . وأشهر مناطق إنتاجها فى العالم هى الولايات المتحدة الأمريكية والهند والصين الشعبية وأثيوبيا وجنوب إفريقيا ونيجيريا والأرجنتين والمكسيك وأستراليا وتايلاند . وحزام السورجم فى الولايات المتحـدة الأمريكية الممتد من تكساس إلى كانساس ونبراسكا وأوكلاهوما ينتج

حوالى ٩٠ ٪ من مجموع السورجم التى تنتجها الولايات المتحدة : وتتباين حبوب السورجم الناتجة من بقاع مختلفة من العالم فى حجمها وشكلها وكثافتها ولونها ووزنها النوعى . والإندوسبرم قد يكون شمعياً waxy أو غير شمعى normal ، أصفر اللون أو غير مصفر ، عادياً أو زائد الحلاوة sugary ، دقيقاً floury أو متقرناً crneous وبرتينات السورجم عبـــارة عن جلوتلين وبرولامين (kafirin) أساساً مع قليل من الألبومين والجلوبيولين ، ونسبتها تتأثر بالعوامل البيئية والوراثية . وبصفة عامة تحتوى حبوب السورجم الكاملة على ٦٨,٥ — ٧٥,١ ٪ نشا ، ١١,٤ — ١٤,٠ ٪ بروتين ، ٣,٢ — ٣,٩ ٪ دهن ، ١,٥٧ — ١,٩٩ ٪ رماد ، ٨٠ — ٨٥ ٪ كربوهيدرات (نشا + سليلوز + سكريات + بنتوزانات) . وتنخفض نسب الأحماض الأمينية ليسين ، ثريونين ، مثيونين ، أرجينين ، هستيدين ، جليسين ، تيروزين فى بروتينات السورجم ، بينما ترتفع نسب الليوسين وحمض الجلوتاميك (الجلوتامين) والبرولين وحمض الأسبرتيك (أسباراجين) بدرجة ملحوظة . ونشا السورجم تتكون من ٢٠ — ٣٠ ٪ أميلوز مع ٧٠ — ٨٠ ٪ أميلوبكتين . وسكريات السورجم عبارة عن جلوكوز وفركتوز وسكروز مع آثار من الرافينوز والأستاكيوز وسكرين آخرين لم يعرف تركيبهما بعد . والسكريات الكلية يبلغ تركيزها فى المتوسط ١,٢٠ ٪ ، منها ٠,٨٥ ٪ سكروز ، ٠,٠٩ ٪ جلوكوز ، ٠,١١ ٪ رافينوز ، إلا أن نسبة السكريات الكلية قد تصل إلى ٢,٨ ٪ . أما البنتوزانات الكلية فنسبتها حوالى ٢,٦ — ٥,٢ ٪ ، وهذه البنتوزانات ، أى الهميسليلوزات ، توجد فى جدر الحلايا وفى الجنين والبريكارب . وبالنسبة للبيدات لوحظ أن الأحماض الدهنية السائدة هى اللينولنك والأوليـــــك والبالمتيـــك والاستياريك والميرستيك والهكسادسينويك .

والكمية من السورجم المستخدمة فى تغذية الإنسان وفى التصنيع ضئيلة للغاية ، فقد لا تتجاوز الواحد فى المائة من المحصول الزراعى . ونواحى

التصنيع هى التخمر والطحن الجاف والطحن الرطب . فالأخير يعطى نشا وزيت وجلوتين ومشتقات نشا . أما الطحن الجاف فيعطى ناتجات تستخدم فى حفر آبار البترول وفى التخمير وفى تنقية بعض الخامات وفى صناعة الورق ومواد اللصق وبسكويت الكلاب . وبالتخمير يمكن إنتاج الكحول وحمض الستريك وحمض اللكتيك والمضادات الحيوية . والتركيب الكيميائى لمنتجات الطحن الجاف للسورجم يتباين كما هو واضح من الجدول التالى :

المنتجات	بروتين ٪	زيت ٪	ألياف ٪	رماد ٪
حبوب سورجم كاملة	٩,٦	٣,٤	٢,٢	١,٥
سورجم مقشورة	٩,٥	٣,٠	١,٣	١,٢
دقيق سورجم خام	٩,٥	٢,٥	١,٢	١,٠
دقيق سورجم منقى	٩,٥	١,٠	١,٠	٠,٨
كسر سورجم للتخمير	٩,٥	٠,٧	٠,٨	٠,٤
ردة سورجم	٨,٩	٥,٥	٨,٦	٢,٤
جنين سورجم	١٥,١	٢٠,٠	٢,٦	٨,٢
علف سورجم S. hominy feed	١١,٢	٦,٥	٣,٨	٢,٧

وباستخدام التصنيف الهوائى يمكن الحصول على دقيق به نسبة البروتين تتراوح بين ١,٦ ، ١٩ ٪ .

الاستخدامات الصناعية لجلوتين ونشا وزوائد القمح :

وإن كان القمح قد عرفه الإنسان منذ حوالى ستة آلاف عام فى آسيا ، ومنذ عام ٣٠٠٠ قبل الميلاد فى أوروبا ، إلا أن الاستخدامات الصناعية للقمح ومنتجاته ما زالت محدودة ، ويعلل ذلك بارتفاع السعر العالمى للقمح مقارناً بأسعار الحبوب المنافسة وهى الذرة والسورجم .

ومصانع الورق تستخدم كميات ضخمة من النشا ، معظمها نشا ذرة مع قدر من نشا القمح . وفى الوقت الحاضر يفضل استعمال النشا الكاتيونية cationic starches التى تحمل شحنة موجبة وبذلك تصبح قوية الارتباط مع محتويات الورق السليلوزية ذات الشحنة السالبة . وهذه النشا الموجبة الشحنة تحضر بتفاعل الإيثيلين إمين ethylenimine مع مجموعات الإيدروكسيل فى نشا القمح أو المجموعات الفعالة الأخرى ، مثل الأمينو أو الكربوكسيل أو غيرها ، فى الدقيق . كذلك تحضر زانثات xanthates وازانثيدات xanthides الحبوب لتستخدم فى صناعة الورق والكرتون . وتحضر أيضاً مشتقات دقيق القمح المعدلة حمضياً acid-modified لتستخدمها مصانع الورق . وطريقة تحضير الدقيق المعدل حمضياً تتلخص فى الرش برذاذ من حامض الكلوردريك أثناء الخلط وترك المخلوط على درجة حرارة أقل من ١٠٠° ف لمدة تتراوح بين ٣٠ و ١٢٠ دقيقة ثم الرش برذاذ من إيدروكسيد الصوديوم لإيقاف التفاعل وبعدها تضبط الحموضة الفعلية PH للعجينة المعدلة الناتجة . وقد تحضر النشا المعدلة باستخدام طرق ميكانيكية أيضاً مثل طريقة ملتفسك Multivisc Process ، أو بالطرق الإنزيمية .

ومصانع النسيج تستخدم نشا القمح أيضاً ولكن بكميات تقل عن ما تستخدمه مصانع الورق ، وتكون عادة فى صورة نشا غير معدلة unmodified أو دكسترينات أو عجينة رقيقة أو نشا معدلة حمضياً . ويتوقف اختيار نوع النشا المرغوب على نوعية النسيج ودرجة التغلغل penetration المرغوبة ودرجة المرونة flexibility أو التماسك firmness المطلوبة . وعند طباعة النسيج يستخدم مزيج من الصمغ البريطانى ونشا القمح ونشا إيثيرية starch ethers.

ومصانع التخمير تستخدم الحبوب فى إنتاج الكحول الصناعى industrial alcohol منذ الحرب العالمية الثانية . وما تزال المحاولات

متكررة للحصول على كحول صناعى يصلح للعديد من الأغراض ومن بينها وقود الموتورات . أما فى صناعة البيرة فتضاف حبوب غذائية أخرى إلى المولت بقصد تقليل التكاليف أو تعديل النكهة ، ومن بينها الذرة والأرز والقمح . وحالياً تستخدم عمليات التخمر والتحليل المائى الحمضى فى معاملة جلوتين القمـــح للحصول على جلوتامات أحادى الصوديوم monosodium glutamate (MSG) المفيدة فى مجال إكساب النكهة للأطعمة .

ويستخدم جلوتين القمـــح ، أو محتوياته من جليادين وجلوتنين وبروتينات ، فى صناعة مواد surface-active agents تقلل من التهاب الجلد skin irritation. ويستخدم زيت جنين القمح فى صناعة الصابون وكريمات الحلاقة لتلطيف أثرها فى الجلد . ويدخل الجليادين أو دقيق القمح فى صناعة بعض المنظفات detergents.

وتستغل أجنة حبوب القمح وكذلك الردة حالياً فى صناعة مضادات حيوية وفيتامينات ، كما تستخدم الردة ودقيق القمح فى عمل بيئة لإنتاج البنسلين والتراميسين . ويشار إلى أن ردة القمح من أفضـــل المخففات المستخدمة فى خلط الفيتامينات بعلائق الحيوانات . وكثيراً ما تستخدم حبوب القمح الكاملة المطحونة أو دقيق القمح أو الجلوتين أو سيقان نبات القمح فى صناعة بعض مواد البناء مثل الخشب الصناعى artificial woods و lightweight concrete و Ggpsum-based board و pressed wall-board و hardboards. كما يستخدم جلوتين وجليادين وجلوتنين القمح فى صناعة عبوات السجأ sousage casings وبعض مواد التعبئة الصالحة للأكل edible packaging films وغطاءات أقراص العقاقير pharmaceutical tablet coatings ، وفى صناعة بعض أنواع اللادن chewing gum وعوامل الاستحلاب emulsifyiug agents وبعض العجائن الصيدلية pharmacoutical pastes.

ويحضر من حبوب القمح كربون منشط granular activated carpon يتميز بسهولة تداوله وتعبئته دون حاجة إلى سحقه أو تحويله إلى حبات pellets. وتتلخص الطريقة فى كربنة حبوب القمح ثم التنشيط بالبخار أو بثانى أكسيد الكربون . وفى طريقة أخرى تعامل الحبوب بمحاول مادة كيميائية منشطة وتسخن فى جو خامل وتغسل بالماء أو بالحامض .

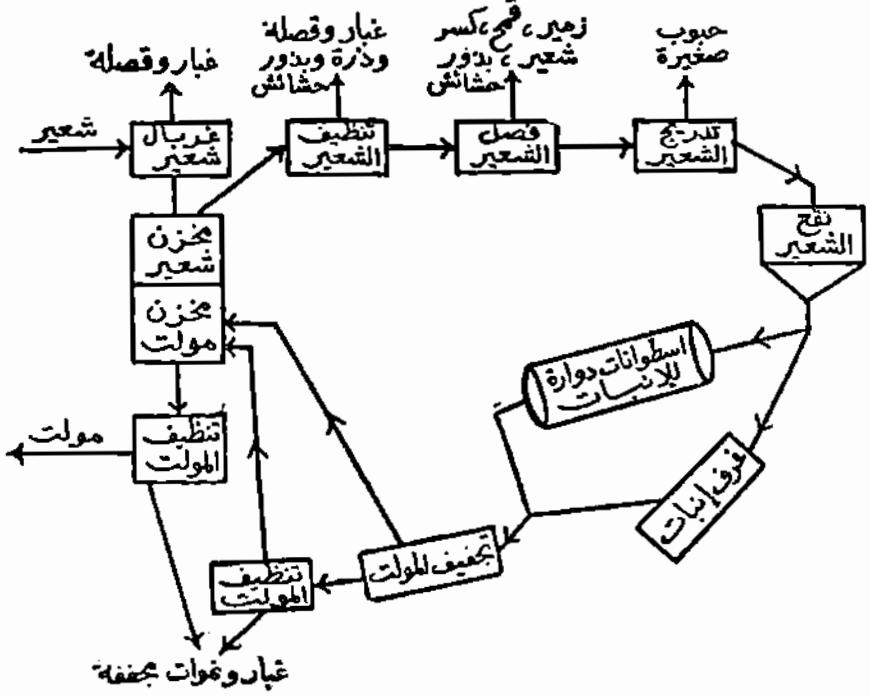
الاستخدامات الصناعية للشعير :

الشعير معروف للمصريين منذ عام ٥٠٠٠ أو ٦٠٠٠ قبل الميلاد ، ويبدو أن بدء زراعته كان فى أثيوبيا وجنوب التبت . وهو يقبع العائلة النجيلية Gramineae وتحت العائلة Festucoideae والفصيلة Hordeae والجنس Hordeum. والشعير ذو الصفين منتشر فى أوروبا وأستراليا وغرب الولايات المتحدة الأمريكية ، أما ذو الستة صفوف six-rowed فينتشر فى شمال أمريكا والهند والشرق الأوسط . وقد بلغ الإنتاج العالمى من الشعير عام ١٩٧٠ حوالى ١١٧ مليون طن ، بينما بلغ القمح ٢٨٨,١ مليون طن ، والذرة ٢٤٢,٤ مليون ، والأرز ١٩٧,٤ مليون ، والجودار ٢٧ مليون طن . والجزء الأكبر من الشعير يستهلك فى تغذية الحيوان ، بينما جزء لا بأس به يستخدم فى صناعة المولت والبيرة . ويتراوح وزن حبة الشعير بين ٢١ ، ٤٥ ملليجرام ، وبها أغلفة تمثل ١٣ ٪ من وزن الحبة ، وبريكارب و testa ٢,٩ ٪ ، وطبقة الألبرون ٤,٨ ٪ ، وإندوسبرم نشوى ٧٦,٢ ٪ وجنين ١,٧ ٪ وقصعة scutellum ١,٣ ٪ . أما التركيب الكيميائى للحبة فهو ٦٣ – ٦٥ ٪ نشا ، ١ – ٢ ٪ سكروز ، سكريات أخرى ١ ٪ ، صموغ ذائبة ١ – ١,٥ ٪ ، هيميسليلوز ٨ – ١٠ ٪ ، ليبيدات ٢ – ٣ ٪ ، بروتينات ٨ – ١٣ ٪ ، رماد ٢ – ٢,٥ ٪ مكونات أخرى ٥ – ٦ ٪ ، منسوبة للمادة الحافة . ونشا الشعير منها ٢٤ ٪ أميلوز ، وقد ترتفع النسبة إلى ٤٧ ٪ . والبروتينات منها ١٠ ٪ على الأكثر ألبومينات ،

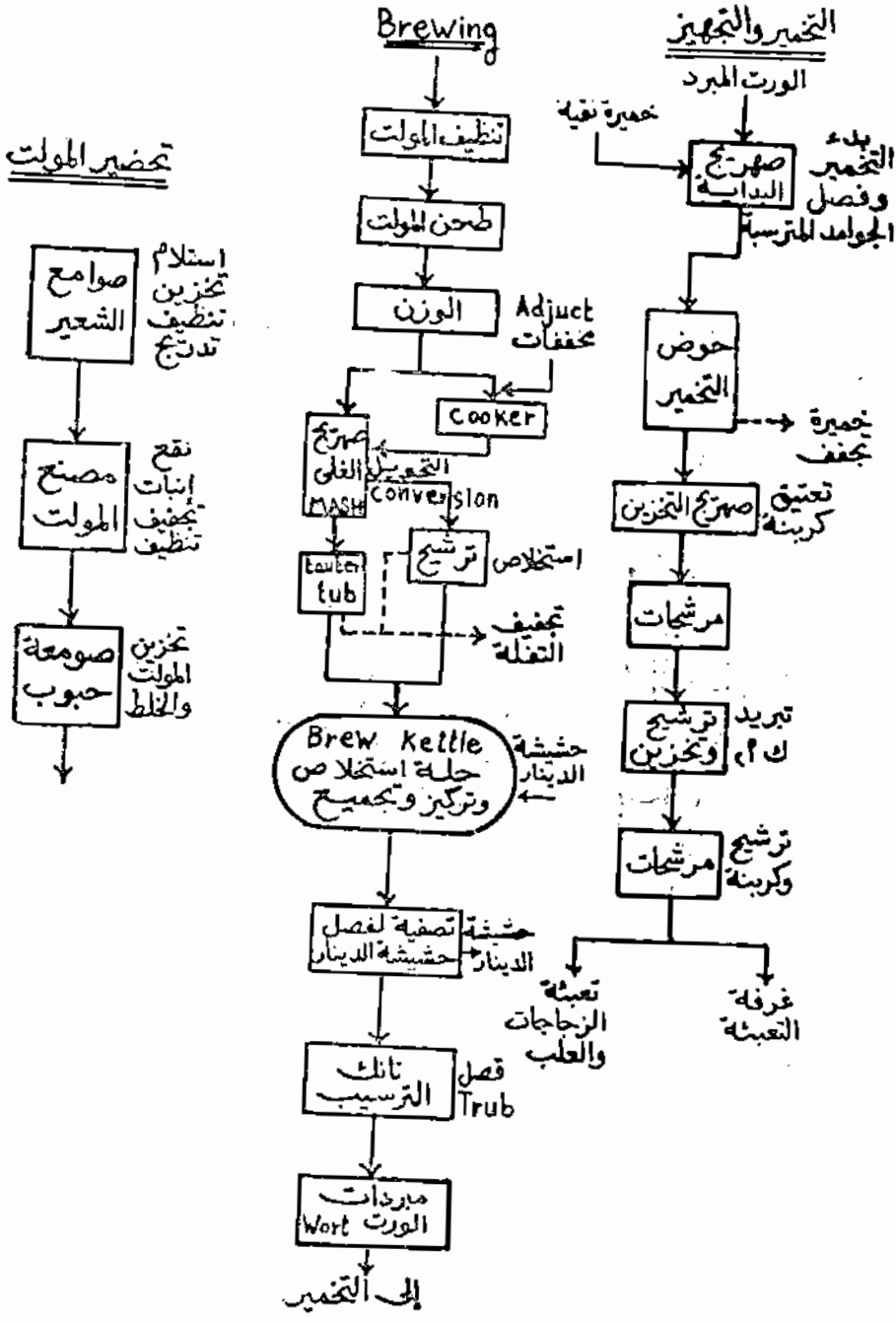
٢٠ ٪ جلوبيولينات ، ٣٠ ٪ هوردين ، ٤٠ ٪ جلوتلينات . ويمثل الجلوتامين أو البرولين حوالى نصف كمية الأحماض الأمينية ، بينما تنخفض نسب حمض الأسبرتيك والجليسين والليسين كثيراً . ومعظم كمية الليبيدات تتركز فى الجنين فتعطى نسبة ١٥ ٪ . وأبرز الأحماض الدهنية فى الشعير هى اللينوليك والأوليبك والبالمتيك ، وتمثل الأحماض الدهنية غير المشبعة حوالى ٨٠ ٪ من مجموع الأحماض الدهنية . والسكروز يتركز فى الجنين ولذا يعطى نسبة ١٥ ٪ . ويحتوى الجنين أيضاً على ٥ ٪ سكر رافينوز .

ويستخدم الشعير ومنتجاته فى تغذية الحيوان والدواجن ، وفى صناعة البيرة والكحول ، وفى استخراج دقيق ، وفى إنتاج مستخلص المولت وعسل المولت ، وفى صناعة مواد اللصق ومواد التشحيم والصموغ . ويتخلف عن صناعة البيرة كميات ضخمة من الخميرة يحسن استغلالها فى الأغراض الغذائية . فالمركبات النتروجينية بالخميرة معظمها بروتينات وأحماض أمينية وبيورينات وأدينين وجوانين وبيريميدينات (سيتوزين ويوراسيل) ، مع مواد ذات تركيز أقل وهى الأدينوزين ثلاثى الفوسفات ، وحمض الأدينيلك ، والسيفالين ، وثنائى الفوسفو — بيريدين نيوكليوتيد ، وثلاثى الفوسفو بيريدين نيوكليوتيد ، والكوكربوكسيليز ، والسيتوكروم ، والجلوكوزامين ، والجلوتاثيون ، والليسيثين ، ومع قدر من فيتامينات البيوتين ، وحمض الفوليك ، وحمض النيكوتنيك ، وحمض البارا أمينو بنزويك ، والبيريدوكسين ، والريبوفلافين والثيامين والأرجوستيرول والكربوهيدرات فى الخميرة عبارة عن أميلوز وسليلوز وديزوكسى ريبوز ودلسيتول dulcitol وجليكوجين وصموغ وهكسوفوسفاتات وترهالوز .

أما ليبيدات الخميرة فعبارة عن جلسريدات وفوسفو ليبيدات واستيرولات . وتوجد معادن فى الخميرة تتدرج كمياتها تنازلياً من الفوسفور إلى البوتاسيوم فالمغنسيوم فالكالسيوم فالسليكون فالصوديوم فالكبريت فالكلور فالحديد .



عمليات تحضير المولت



صناعة المولت إلبيرة

الاستخدامات الصناعية للزمير :

يتبع الزمير Oats العائلة النجيلية والجنس Avena الذى يوجد به سبعون نوعاً معظمها ينمو برياً أو كحشائش . وأشهر الأنواع المنزرعة هو Avena sativa ويليـــه A. byzantina و A. trigosa ، وبعضها مغلف hulled والبعض عار hull - less ، إلا أن العارية تعطى محصولاً ضئيلاً ولذا فزراعتها قليلة الانتشار . وقـــد بلغ محصول الزمير العالمى عام ١٩٧٠ حوالى ٥٠,٥ مليون طن مترى ، منها ١٣,٢ مليون أنتجتها الولايات المتحدة الأمريكية ، ١٠,٥ أنتجها الاتحاد السوفيتى ، ٥,٧ أنتجتها كندا ، ٣,٢ أنتجتها بولندا ، ٢,٥ أنتجتها ألمانيا الغربية ، ٢,١ أنتجتها فرنسا .

ولا يتجاوز القدر من الزمير المستهلك فى تغذية الإنسان خمسة فى المائة من المحصول ، بينما ٩٥٪ من المحصول تقدم للحيوانات فى صورة حبوب كاملة أو مطحونة . ولايتجاوز القدر المتداول تجارياً حد الخمسة عشرة فى المائة . ويمتاز الزمير بإرتفاع نسبتى البروتين وبعض فيتامينات المجموعة باء . فالحبوب بها ١٢,١٪ بروتين ، ٥,١٪ دهن ، ١١,٠٪ ألياف خام ، ٣,٤ رماد ، ٠,٠٠٥١٪ حديد ، ٠,٠٦٥٪ كالسيوم ، ٠,٣٤١ ٪ فوسفور ، ٠,٦٥ ملليجرام ثيامين فى المائة جرام ، ٠,١٤ ملليجرام ريبوفلافين ، ١,١٥ ملليجرام نياسين . وتبلغ نسبة النشا فى حبوب الزمـــير الكاملة ٣٣ ــ ٤٣٪ منسوبة للمادة الجافة ، ويمثل الأميلوز ٢٣ ــ ٢٤٪ من النشا . ولاتوجد أنواع شمعية .

وتتلخص عمليات طحن الزمير ، بقصد استخدامه فى تغذية الإنسان ، فى التنظيف وإزالة الأغلفة dehulling ، وتحويل الحبة kernel orgroat إلى شكل منبسط flakes بالسمك المرغوب بعد معاملتها بالحرارة أو بالبخار لإيقاف نشاط الإنزيمات ولتكوين النكهة . وقـــد تطحن هذه الشرائح أو الحبوب ذاتها للحصول على دقيق .

وتستخدم قشور الزمير فى صناعة الفورفورال ومركبات الفيوران ، أسوة بسرس الأرز ومصاص القصب وقوالح الذرة . وقد تستخدم بنتوزات أغلفة الزمير فى عمـــل بيئة لصناعة البوتانول والأسيتون . وفى صناعة الفورفورال يتخلف ناتج ثانوى هو حامض الخليك . وتدخل القشور فى صناعة مفرقعات فوق أكسيد الإيدروجين وكمادة مساعدة على الترشيح فى مصانع البيرة . والسيقان تستخدم فى صناعة عجينة سايلوزية .

ودقيق الزمير يستخدم فى بعض النواحى الصناعية للاستفادة من صفاته كمادة مضادة للأكسدة ، خصوصاً فى اللبن السائل واللبن المجفف والزبد والجيلاتى وزيت السمك وزيت الزيتون والسمك المجمد وشحم الخنزير والسجأ المجمد وبعض الحبوب الغذائية . والإسم التجارى Avenex يطلق على مستحضر خاص من دقيق الزمير يستخدم كمضاد للأكسدة. أما مستخلص دقيق الزمير المحضر باستخدام الهكسان فيسمى تجارياً Avenol . وهناك ناتج ثالث يعرف تجارياً باسم Aveeno .

واستخدام الزمير فى صناعة مواد اللصق لا يحظى بالاهتمام الذى يلقاه كل من القمح والذرة .

وإنزيمات الزمير متعددة ، إلا أنه لا يستغل تجارياً لإنتاج الإنزيمات فيما عدا الليبيز . وأهم إنزيمات الزمير هى البروتيز والمالتيز والألفا أميليز والليشينيز والفينوكسى أسيتك أسيدهيدروكسايز والفوسفاتيز والبتروزينيز والليبيز .

وصمغ الزمير يستخدم كمثبت stabilizer فى صناعة الجيلاتى أسوة بالجلاتين والألجينات alginates المستخرجة من النباتات البحرية والصمغ المستخرج من بذرة psyllium .