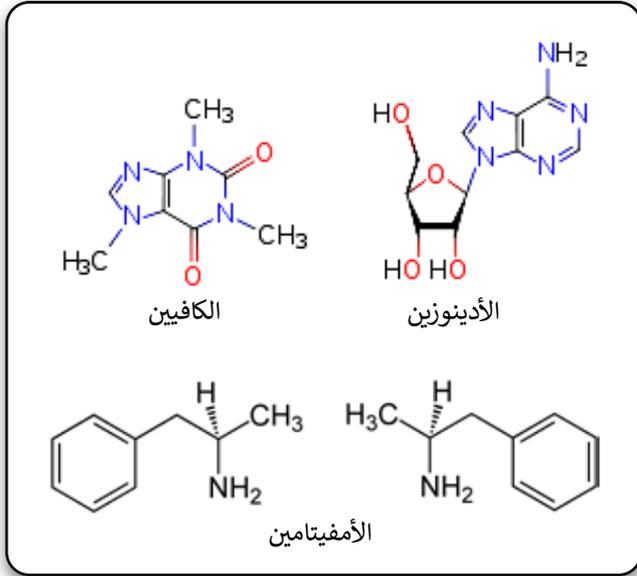


الكيمياء "على فنجان قهوة"

مالكا يايون ورون بلوندر*



رسم توضيحي 1. صيغ جزيئات الأدينوزين، الكافئين والأمفيتامين

بالإضافة إلى هذا، تزيد جزيئات الكافئين التي تُشبه جزيئات الأمفيتامين، من مستوى الدوبامين في الدماغ، وهذا يمكن أن يُفسّر الارتباط الجسدي بالكافئين نتيجة لاستخدامه المتواصل. بعد فهم القليل عن كيمياء القهوة في الجسم، سنشير إلى كيمياء تحضير القهوة.

كيف تُحضّر قهوة "اسبريسو" في المنزل .. على الموقد؟

في إسرائيل كنا نشرب القهوة سريعة التحضير أو القهوة السوداء، وعلى الأكثر أضفنا الهيل. لقد تعلمنا مؤخرًا الاستمتاع بأنواع القهوة المختلفة وفي العديد من المنازل يظهر جهاز جديد في المطبخ "آلة تحضير قهوة الإسبريسو".

ما الذي يُميّز تحضير قهوة الإسبريسو؟ هل يمكن تحضير قهوة الإسبريسو على الموقد؟ ما هو سرّ تحضير القهوة الجيدة؟ سنحاول معالجة هذه الأسئلة وتوصيف الكيمياء الكامنة وراء تحضير القهوة من حيث المكونات وعملية التحضير.

يبدأ معظمنا يومه بفنجان من القهوة، ويلتقي بالأصدقاء "على فنجان من القهوة" ونشرب على الأقل 2-3 أكواب من القهوة يوميًا. في ثقافات مختلفة، كما هو الحال في المجتمع الإثيوبي، يُعتبر حفل شرب قهوة "بونا" احتفالًا له معنى اجتماعي ومصدر للدعم، المشاركة، الاحترام وغيرها.

قبل 15 عامًا، كانت ماكياتو، لاتييه، إسبريسو، كابتشينو أو أمريكانو كلها كلمات غير مألوفة حتى [جعلتنا نبتسم](#). في إسرائيل كُنّا نشرب القهوة سريعة التحضير أو القهوة السوداء، وعلى الأكثر أضفنا الهيل.

لماذا يُحب الكثير من الناس شرب القهوة؟ ما هو سرّ تحضير القهوة المتكاملة؟ مثل معظم الظواهر من حولنا، يمكن أيضًا تفسير حب فنجان من القهوة بمساعدة الكيمياء.

لماذا يُحب الناس شرب القهوة؟

يُعتبر الكافئين المُخدّر المُنشّط والمُثير الأكثر شيوعًا في العالم. فعليًا هو يقوم بقمع نشاط "التهدئة" لمادّة أخرى الموجودة بشكل طبيعي في الجسم - الأدينوزين (الرسم التوضيحي 1). في الحالة الطبيعية، ترتبط جزيئات الأدينوزين بمستقبلات في الخلايا العصبية في الجهاز العصبي المركزي وتُبطئ نشاط الجهاز العصبي، كما يحدث في حالة النوم. ترتبط جزيئات الكافئين بالمستقبلات في الخلايا العصبية وتمنع ارتباط جزيئات الأدينوزين. بهذه الطريقة، يتم في الواقع تجنّب تباطؤ نشاط الخلايا. يتم تنشيط هذه المنطقة وترسل "رسائل إيقاظ" إلى أجزاء كثيرة في الجسم عن طريق إطلاق الهورمون الإبينفرين (الأدرينالين) والذي بدوره يُؤدّي لظواهر عديدة مثل ازدياد سرعة القلب، ارتفاع ضغط الدم، زيادة تدفق الدم إلى العضلات، تقليل تدفق الدم إلى الجلد والأعضاء الداخلية وإطلاق الجلوكوز بواسطة الكبد. ترتبط جزيئات الكافئين والأدينوزين لتُفسد المستقبلات بسبب التشابه في مبناها الجزيئي (الرسم التوضيحي 1). [يمكنك مشاهدة مقطع فيديو يشرح فعالية الكافئين.](#)

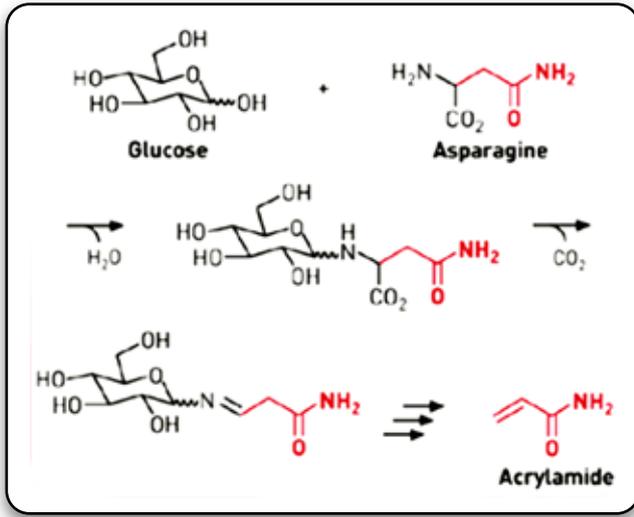
د. مالكا يايون والدكتور رون بلوندر، أعضاء مجموعة الكيمياء، قسم تدريس العلوم

يشمل تحضير الإسبريسو ثلاث مراحل:

1. تحميص حبوب القهوة الخضراء.
2. طحن ناعم للقهوة.
3. استخلاص القهوة المطحونة مع الماء الساخن تحت الضغط.

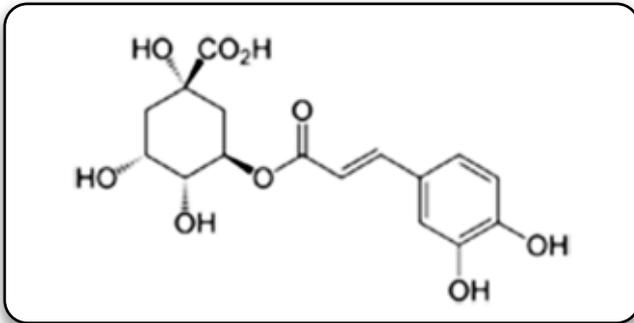
المرحلة الأولى في تحضير القهوة: تحميص حبوب قهوة الخضراء
بالمستوى الماكروسكوبي، عملية التحميص بسيطة - حبوب القهوة الخضراء تُصبح بُنية اللون، مع رائحة مُميّزة للقهوة. بالمستوى الميكروسكوبي، كل حبة عبارة عن "طنجرة ضغط صغيرة" التي تُمكن عمليات عديدة أن تحدث، وهكذا تنتج آلاف المواد الجديدة!

في المرحلة الأولى نقوم بتبخير الماء داخل حبوب القهوة عن طريق تسخينها حتى 150 درجة مئوية. تحدث عملية التحميص في درجات حرارة مُرتفعة يحدث في درجات حرارة مُرتفعة 160 ° C - 240 ° C. كما ذكرنا في درجات الحرارة هذه تنتج آلاف المُركبات، من بينها النياسين (فيتامين B3)، لكن الناتج الأساسي هو ثاني أكسيد الكربون $CO_2(g)$. من كل كيلوغرام من حبوب القهوة، ينتج 12 لترًا من ثاني أكسيد الكربون! بما أنه يوجد لحبوب القهوة غلاف خلية سميكة، يزداد الضغط في كل واحدة من حبوب القهوة بشكل كبير خلال عملية التحميص ويصل إلى ما يقارب 25 بار، والضغط بكل واحد من حبوب القهوة ينمو جدا أثناء الشواء ويصل هكذا بشكل كبير خلال عملية التحميص ويصل إلى ما يقارب 25 بار (تقريبًا 25 أتموسفيرا). تسمح شروط درجات الحرارة والضغط المرتفعين حدوث مجموعة كبيرة ومُتنوعة من العمليات، من بينها تفاعل ميلارد (الرسم التوضيحي 2) والذي تتفاعل خلاله الحوامض الأمينية الحرة مع السكّريات من خلال الحصول على الميلانويدات melanoidins ذوي اللون أصفر - بُني - أسود. بالمُجمل إنتاج موادّ اللون يتطلب تفاعل موادّ كثيرة، باستثناء مادة الكافيين والدهون.



الرسم التوضيحي 2. آلية جُزئية للحصول على مادة الأكريل أميد من الجلوكوز والأسباراجين

لعملية تحميص القهوة وظيفة هامة في تحديد الرائحة والطعم. بالرغم من أنه بشكل عام يمكن تحضير الإسبريسو من كل قهوة مُحَمَّصة، إلا أنه من الأفضل تحضيرها من حبوب القهوة التي مرّت بتحميص لفترات طويلة، خلالها تمرّ المُكوّنات بتحليل كامل. نتيجة لهذا ينخفض مُعدّل الحوامض الكلوروجينية المسؤولة عن المذاق اللاذع في القهوة (الرسم التوضيحي 3). وهكذا يتم الحصول على الطعم "الخفيف" و "الناعم" نسبيًا للإسبريسو مقارنة بالقهوة التي تمّ تحميصها لفترة أقصر.



رسم توضيحي 3 حامض الكلوروجينيك

اكتشف علماء من جامعة كولومبيا البريطانية، ليو يا تسنغ والبروفيسور ديفيد كيتس (2011)، أنه من خلال اسمرار حبوب القهوة ينتج خليط مُركبات من بينها مُضادات الأكسدة التي هي ناتج من "تفاعل Maillard" (رسم توضيحي 2). ليس من الواضح كيف تُؤثّر ظروف



يقال أنه تم اكتشاف الخصائص
المُحفّرة للقهوة عندما لاحظ أحد
الرعاة الأثيوبيين أنّ الماعز كانوا
أكثر نشاطاً بعد مُضغ القهوة.

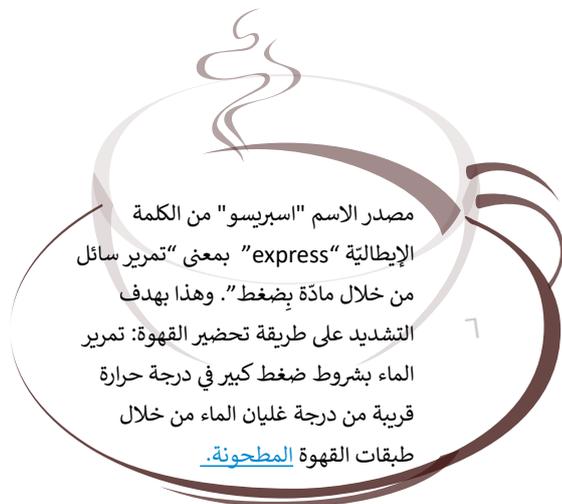


طحن القهوة في وقت قريب من زمن تحضيرها بمساعدة ماكينة طحن جيّدة، التي لا ترتفع درجة حرارتها أثناء الطحن. المرحلة الثالثة في تحضير القهوة: استخلاص القهوة المطحونة مع الماء الساخن تحت الضغط

يمرّ الماء في درجة حرارة تتراوح بين 85 و 95 درجة مئوية تحت الضغط عبر كمية محسوبة من القهوة المطحونة. الماء الساخن الذي يمرّ بوتيرة مُعطاة تُؤدّي ليس فقط لاستخلاص المواد القابل للذوبان في الماء وإنما أيضًا "لإذابة" الدهون المُنتشرة على سطح تلامس القهوة المطحونة بعد تحميصها. التدفق السريع للماء بين جُسيمات القهوة تُنتج مُستحلب ناعم من الماء والدهون يكون فيها قطر القطرة ما بين 0.5 و 1.0 ميكرومتر. في قطرات الدّهْن هذه مذابة موادّ عطرية، والتي لولا هذا لكانت ستتطاير خلال عملية تطاير الماء الساخن. تتعلّق عملية الاستخلاص بكمية القهوة، في قطر الفلتر، الضغط المُشغّل، في زمن الاستخلاص ودرجة حرارة الماء. سنوات كثيرة من تجربة آلاف الأشخاص ساعدت في تحديد الشروط لتحضير الإسبريسو المُتكامِل، والتي هي:

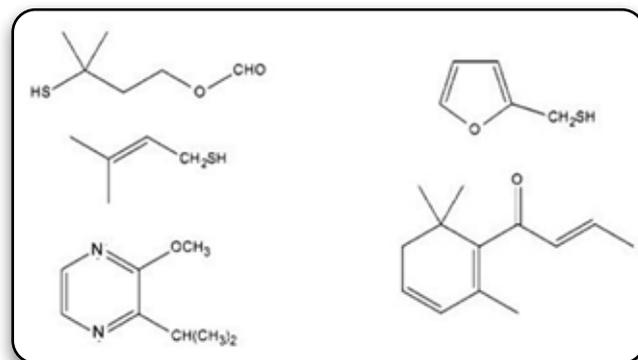
- نصف قطر الفلتر 3.5 سم
- حجم 30 مليلتر ماء
- حوالي 6.5 غرام مسحوق قهوة
- ضغط حوالي 9 بار
- درجة حرارة الماء $\pm 590^{\circ}\text{C}$

هل يجب عليك شراء جهاز تحضير القهوة لتحضير قهوة



التحميص على تركيز مُضادّات الأكسدة. في حين أنّ قسم من العلماء يدعون وجود تركيز مرتفع أكثر لمُضادّات الأكسدة في حبوب القهوة الداكنة التي تمّ تحميصها لفترة طويلة، يدعي آخرون بانخفاض تركيزها. نظريات أخرى تُصرّ على أنّ التحميص المُتوسّط لحبوب القهوة يُعطي أعلى مُستوى من فعالية مُضادّات الأكسدة.

مقارنةً بعدد النظريات المُتعلّقة بكيمياء مُضادّات الأكسدة في القهوة، لا يوجد جدل على الإطلاق بشأن الرائحة الفريدة جدًّا للقهوة المُحمّصة. حتّى ما قبل الرشقة الأولى فإنّ رائحة القهوة تغمرنا بما يقارب 800 من مكوناتها. التنوع البنائي لمُركّبات الرائحة المُتطايرة في القهوة تستطيع تعبئة كتاب تعليمي للكيمياء العضوية. تركيز هذه الموادّ ليس بالضرورة أن يكون مرتفعًا؛ حتّى بقايا الموادّ كافية لإثارة الروائح المُميّزة للقهوة. يعرض الرسم التوضيحيّ 4 خمسة مُركّبات من بين ال-800.



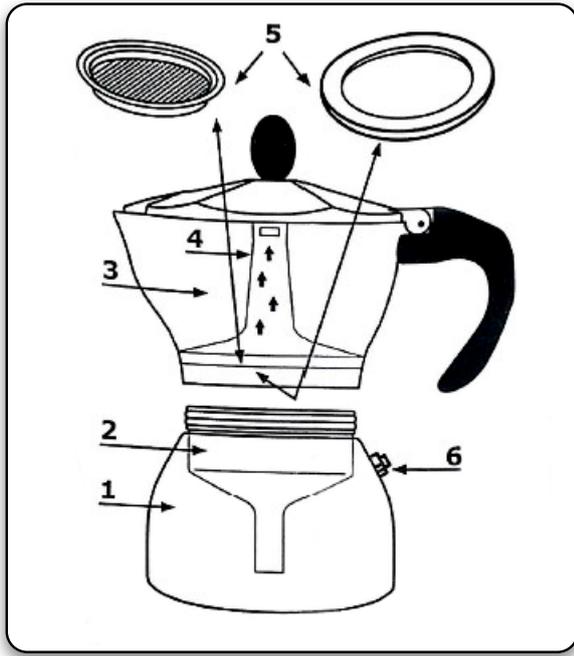
رسم توضيحيّ 4 - يعرض خمسة مُركّبات من بين ال-800 المسؤولة عن رائحة حبوب القهوة المُحمّصة.

المرحلة الثانية في تحضير القهوة: الطحن الناعم للقهوة

من ناحية، الطحن ضروري من أجل زيادة سطح تلامس حبيبات القهوة وتحسين عملية استخلاص القهوة إلى الماء. من ناحية أخرى، فإن زيادة مساحة سطح التلامس تُعرّض العديد من المُركّبات لعمليات الأكسدة التي تُصنّف بمذاق القهوة. طالما أنّ حبوب القهوة كاملة بعد التحميص، فإنّها مُشبعة بثاني أكسيد الكربون، حقيقة التي تمنع عمليات الأكسدة. خلال عملية الطحن ينطلق ثاني أكسيد الكربون الذي كان محصورًا في الحبوب. مع انخفاض تركيز ثاني أكسيد الكربون يمكن أن تمرّ العديد من المُركّبات بعملية أكسدة. لهذا يُفضّل

جيدة؟

في صيف عام 2012، عُقد مؤتمر في روما في إيطاليا الذي تناول تدريس الكيمياء. خلال المؤتمر، اكتشفنا أنّ آلاف الإيطاليين يتعاملون بدون آلة باهظة الثمن، لكنهم لا يزالون يشربون القهوة الجيدة في المنزل، بمساعدة الماكيناتو (آلة باللغة الإيطالية) وهي أداة التي تُمكن تحضير الإسبريسو الإيطالي الأصيل. يُحضّر الإيطاليون القهوة بطريقة تقليدية على الموقد، بدون آلة إسبريسو، كما هو موضح في الرسم التوضيحي 5.



رسم توضيحي 5. أجزاء الماكيناتو (ماكينة باللغة الإيطالية) أداة لتحضير الإسبريسو الإيطالي على الموقد

يتم إدخال الماء في الجزء السفلي من الماكينة (المنطقة 3 في الرسم التوضيحي 5) والذي يوضع فوق نار أو موقد كهربائي. يرتفع الماء الساخن من خلال القهوة المطحونة الموجودة في الفلتر (المنطقة 2 في الرسم التوضيحي 5). يستخلص الماء الساخن من القهوة المطحونة المواد التي تُعطي القهوة مذاقها ورائحتها، وترتفع معًا من خلال أنبوب (الجزء 4 في الرسم التوضيحي 5) إلى الجزء العلوي من الماكيناتو. في النهاية، يتم جمع سائل القهوة البني ذو الرائحة في الجزء العلوي من الماكيناتو (المنطقة 3 في الرسم التوضيحي 5). من المهم إطفاء النار في هذه المرحلة حتى لا تتأكسد القهوة!

تعليمات لتحضير القهوة في الماكيناتو

1. املؤوا الجزء السفلي (1) في الماء البارد جدًا.
2. املؤوا الفلتر (2) بالقهوة المطحونة حتى طرفه بدون ضغطها.
3. ضعوا الفلتر على الماء مع القهوة المطحونة.
4. ضعوا الجزء العلوي (3، 4، 5) بثقوة.
5. ضعوه على الموقد على لهبة مُنخفضة.
6. أطفئوا النار عند تجمُّع القهوة في الجزء العلوي (3).
7. في نفس الوقت تصرفوا على النحو التالي:
8. ضعوا حوالي 4 ملاعق صغيرة سُكَّر في كأس قهوة.
9. ضعوا حوالي 3 ملاعق صغيرة قهوة داخل الكأس مع السُكَّر واخلطوا بمساعدة ملعقة صغيرة بسرعة حتى يتم تشكيل رغوة ثابتة بلون الكراميل.
10. أضيفوا ملعقة صغيرة من الرغوة إلى كأس الإسبريسو.
11. عندما تكون القهوة جاهزة
12. صبّوا الإسبريسو فوق الرغوة واخلطوا.
13. استمتعوا بالقهوة!

يمكنك أيضًا مشاهدة مقطع فيديو يشرح كيفية صنع قهوة الماكيناتو:

<http://www.youtube.com/watch?v=huC3E1c4SBS>

يُمكنكم الحصول على أنواع مُختلفة من القهوة:

- ماكياتو - عن طريق إضافة قطرة من الحليب الساخن إلى القهوة.
- لاتيه - عن طريق إضافة نصف كأس من الحليب الساخن.
- كابوتشينو - عن طريق إضافة ثلث كأس حليب ساخن وثلث كأس من الرغوة.

فعالية للطلاب بعد قراءة المقال: اقرأوا النصّ التالي وأجيبوا عن الأسئلة.

حفل بونا هو حفل تقليدي لشرب القهوة يُمارس في إثيوبيا. الحفل هو أكثر بكثير من مجرد "شرب القهوة". للحفل معنى اجتماعي، وهو مصدر للدعم، المشاركة، الاحترام والمزيد. في المرحلة الأولى، تقوم المرأة التي تدير الحفل بتحميص حبوب القهوة الخضراء في مقلاة حتى يسمّر لونها. في هذه المرحلة يبدأون في شمّ الرائحة الخاصة التي تتميز بها القهوة، تُمرّر المرأة المقلاة بين الضيوف كمباركة. بعد أن تبرّد حبوب القهوة، تطحنها في الهاون



بارك خلال حفل البونا تصوير: غاليت غوبزانسكي



الآن بعد أن أصبح واضحًا
سبب كون القهوة مشروبًا
محبوبًا وكيفية تحضير القهوة
الليذة ... نأمل أن تستمتعوا
بالعديد من اللحظات الممتعة
"مع فنجان من القهوة".

والمَدَقَّة وتطبخها في الماء المغلي. عندما تُصبح القهوة جاهزة، تقوم بصبِّها في كؤوس صغيرة وتقدِّمها للضيوف.

1. صَفِّوا العمليَّات التي تحدَّث في مرحلة التحميص وفي مرحلة الطهي بالماء المغلي.
2. لماذا يتم الطَّحْن؟
3. لماذا يتم الطَّحْن فقط بعد أن تبرد حبوب القهوة؟
4. في أي حالة تراكمية تنتج المواد ذات الرائحة الخاصة التي تُميِّز القهوة؟ اشرحوا

Chemistry views: Espresso – A Three-Step Preparation

http://www.chemistryviews.org/details/ezone/694285/Espresso_A_Three-Step_Preparation.html

المزيد عن تحضير القهوة

<http://www.yourguidetoitaly.com/real-italian-espresso.html>

من هو أكبر مُستهلك للقهوة في العالم؟ لماذا يُنتج النبات مادة الكافئين؟ ما هي كميات القهوة التي يعتبر استهلاكها قاتلاً؟ من بين الأدوية ذات التأثير النفساني، هل الكافئين هو الدواء الأكثر شيوعًا؟

http://www.youtube.com/v=OTVE5iPMKlg&feature=c4-?watchoverview-vl&list=PLqs5ohhass_QZtSkX06DmWOaEaadwmw_D

عن حفل بونا في ويكيبيديا

<http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%98%D7%A7%D7%A1%D7%A7%D7%A4%D7%94>



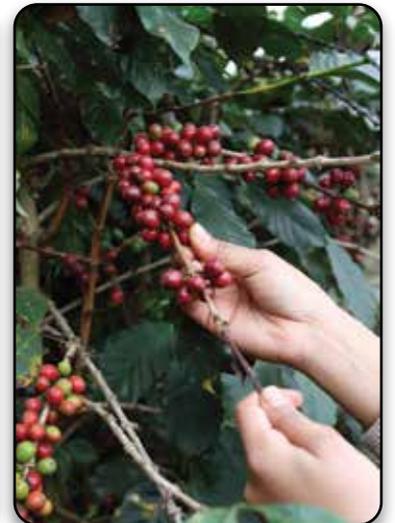
امرأة تقوم بتحميص حبوب القهوة خلال حفل بونا - هآرتس تصوير: غاليت غوبزانسكي

في الحفل يتم شرب ثلاثة كؤوس من القهوة التي تُسمَّى: أبول، تونا وبركة بالإضافة إلى التضييفات الإثيوبية التقليدية: إنجيرا، دابو وغيرها. يُضاف السُّكَّر إلى القهوة، وفي القرى يُضاف أحيانًا الملح. خلال حفل "بونا"، تتم مناقشة مواضيع مُختلفة ومباركة المشاركين. يمكن أن يستمر الحفل عدَّة ساعات، ولا تجرؤوا على النهوض قبل الكأس الثالثة! هذا قد يسيء إلى حد كبير للمُضيف.

1. مراحل تحضير القهوة المُختلفة.
- تحميص حبوب القهوة الخضراء في مقلاة حتى يسمّر لونها.
- بعد أن تبرد حبوب القهوة، تُطحن في الهاون والمدقة.
- طهي القهوة في الماء المغلي.



من اليمين واليسار: حقل البونا التقليدي في قرية والكا، إثيوبيا. من المُتبع أن تُحضّر المرأة القهوة في الأوعية التقليديّة وهي تجلس على كرسي منخفض أو على الأرض وتحتها العُشب (أحياناً طبيعيّ وأحياناً صناعيّ) تصوير غاليت غوبزانسكي



من اليمين إلى اليسار: قُطف حبوب القهوة، تحميص حبوب القهوة، درجات التحميص المُختلفة والفرق بين أنواع القهوة المطحونة